



EESTI MAAÜLIKOOL  
Veterinaarmeditsiini- ja loomakasvatuse instituut

**Kadi Margens**

**NUUMSIGADE SELJA PIKIMA LIHASE  
TEHNOLOOGILINE KVALITEET JA KOOSTIS**

TECHNOLOGICAL QUALITY AND COMPOSITION OF  
*LONGISSIMUS THORACIS* MUSCLE IN FINISHING PIGS

Magistritöö  
Liha- ja piimatehnoloogia õppekava

Juhendajad: Aarne Põldvere, *PhD*  
Riina Soidla, *MSc*  
Alo Tänavots, pm-dr

Tartu 2017

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Kadi Margens		Õppekava: Liha- ja piimatehnoloogia	
Pealkiri: Nuumsigade selja pikima lihase tehnoloogiline kvaliteet ja koostis			
Lehekülgi: 62	Jooniseid: 33	Tabeleid: 2	Lisasid: 0
<p>Osakond: Toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakond</p> <p>Uurimisvaldkond (ja mag. töö puhul valdkonna kood): T430 Toiduainete ja jookide tehnoloogia</p> <p>Juhendaja(d): Aarne Põldvere, <i>PhD</i>; Riina Soidla, <i>MSc</i>; Alo Tänavots, pm-dr</p> <p>Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2017</p> <p>Ebaühtlase kvaliteediga sealiha on üks põhilisi probleeme, millega lihatöötajad kokku puutuvad. Tänapäeval on sealihatootjate peamine eesmärk suurendada rümba tailiha ja vähendada peki osakaalu. Kuna sealiha tarbitakse Eestis kõige rohkem, on selle kvaliteedi pidev parandamine ja kvaliteetne töötlemine väga tähtsal kohal. Magistritöö eesmärk oli uurida sealiha füüsikalise-keemilise ja tehnoloogilise näitajaid ning anda nende tulemuste põhjal hinnang liha kvaliteedile. Uurimuses kasutati juhuslikult valitud 10-ne searümba pikimat seljalihast (<i>Longissimus thoracis</i>) koos selle peal oleva pekikihi ja kamaraga.</p> <p>Madalama pH-ga liha oli heledam, kuna lihas toimus valkude denaturatsioon, mis mõjutas selle värvust. Madalast pH-väärtusest tulenevalt oli lihas ka rohkem vett, mis viitab omakorda suuremale tilkumiskaale. Kuna madal pH kahjustab lihaskoe rakustruktuuri, vabaneb selle tõttu rakkudes olev vesi. Tugev negatiivne seos oli liha tilkumiskao ja pH (<math>r = -0,71</math>; <math>p &lt; 0,05</math>) ning keskmise tugevusega positiivne seos värvuse ja pH-väärtuse (<math>r = 0,61</math>; <math>p &lt; 0,1</math>) vahel. Keskmise tugevusega oli liha veesidumisvõime ja pH vaheline seos (<math>r = 0,45</math>), mis näitas, et kõrgema pH korral oli veesidumisvõime kõrgem ja seega oli ka väiksem tilkumiskadu. Lisaks sellele, et liha pH-väärtus oli madal, oli ka selle keedukadu suurem (<math>r = -0,44</math>), samuti ka tilkumiskadu (<math>r = 0,60</math>; <math>p &lt; 0,1</math>). Tugev positiivne seos oli liha lõikejõu ja selle tiheduse vahel (<math>r = 0,71</math>; <math>p &lt; 0,05</math>), mis näitab, et tihedamat ning sitkemat liha on raskem lõigata.</p> <p>Liha keemilised näitajad jäid kõik enamasti kirjanduses toodu piiresse, väljaarvatud tuhasisaldus, mis oli mõnevõrra madalam. Samuti erines ka liha rasvasisaldus, mille osakaal on lihases alati varieeruv. Erinevate mõjurite tõttu oli liha keedu- ja grillimiskao varieeruvused suured. Rasva osakaalu lihases on võimalik prognoosida 97% täpsusega (<math>p &lt; 0,001</math>), kasutades liha tiheduse andmeid.</p>			
Märksõnad: sealiha, <i>Longissimus thoracis</i> , tehnoloogiline kvaliteet, keemiline koostis, füüsikalised omadused			



Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Kadi Margens		Speciality: Meat and Dairy Technology	
Title: Technological quality and composition of <i>Longissimus thoracis</i> muscle in finishing pigs			
Pages: 62	Figures: 33	Tables: 2	Appendixes: 0
Department: Department of Food Science and Technology Field of research (and for Master's Thesis add research field code): T430 Food and beverage technology Supervisors: Aarne Põldvere, <i>PhD</i> ; Riina Soidla, <i>MSc</i> ; Alo Tänavots, <i>DSc</i> (agriculture) Place and date: Tartu 2017			
<p>Uneven quality of pork is one of the essential problems faced by meat processors. Currently, the main goal of pork producers is to increase carcass lean content and reduce the proportion of fat. Constant improvement of pork and processing quality are very important as pig meat is the most widely eaten meat in Estonia. The aim of the master thesis was to study a pork physico-chemical and technological parameters and assess the quality of meat according to these results. The study used a randomly selected 10 pigs carcasses <i>Longissimus thoracis</i> muscles with the fat and rind layers above it.</p> <p>Meat with lower pH was lighter due to the denaturation of proteins in the muscle, which influences its colour. Due to the low value of pH, the muscle contained more moisture, which in turn refers to the larger drip loss. Lower pH damages cellular structures of the muscle and as a result, the water from cells is released. Strong negative correlation was between the drip loss and pH of meat (<math>r = -0.71</math>; <math>p &lt; 0.05</math>) and medium strong positive correlation between the color and the value of pH (<math>r = 0.61</math>; <math>p &lt; 0.1</math>). Between the water-holding capacity and pH was a moderate positive correlation (<math>r = 0.45</math>), which indicating that due to the increased pH the water-holding capacity was higher and therefore had a lower drip loss. In addition to the low value of pH, the cooking loss was larger (<math>r = -0.44</math>) as well as drip loss (<math>r = 0.60</math>; <math>p &lt; 0.1</math>). A strong positive relation was between the meat shear force and the density (<math>r = 0.71</math>; <math>p &lt; 0.05</math>), which indicates that firmer and denser meat is more difficult to cut.</p> <p>The meat physico-chemical parameters were comparable with the results provided in the literature, with the exception of ash content, which was slightly lower. Also, the fat content of meat differed, which percentage can largely vary. Due to the various factors of meat, the cooking and grilling loss had large variations. The content of fat in the muscle is possible to predict with the accuracy of 97% (<math>p &lt; 0.001</math>) by using the density results of meat.</p>			
Keywords: pig meat, <i>Longissimus thoracis</i> , technological quality, chemical composition, physical			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	6
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	8
1.1. Lihaskoe füüsikalise-keemilised näitajad.....	8
1.1.1. Niiskusesisaldus.....	8
1.1.2. Rasvasisaldus .....	8
1.1.3. Valgusisaldus .....	10
1.1.4. Tuhasisaldus .....	11
1.1.5. Tihedus.....	11
1.1.6. Värvus .....	12
1.1.7. Elektrijuhtivus .....	13
1.1.8. Tekstuur .....	13
1.1.9. pH.....	14
1.2. Liha tehnoloogilised näitajad .....	15
1.2.1. Veesisaldus.....	15
1.2.2. Tilkumiskadu .....	16
1.2.3. Grillimiskadu.....	17
1.2.4. Keedukadu .....	17
1.2.5. Lihassilma pindala.....	18
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	20
2.1. Katsematerjal.....	20
2.2. Liha füüsikalise-keemilised näitajad .....	20
2.2.1. Niiskusesisaldus.....	20
2.2.2. Rasvasisaldus .....	21
2.2.3. Valgusisaldus .....	22
2.2.4. Tuhasisaldus .....	24
2.2.5. Tihedus.....	25
2.2.6. Värvus .....	26
2.2.7. Elektrijuhtivus .....	27
2.2.8. Tekstuur .....	27
2.2.9. pH.....	29
2.3. Liha tehnoloogilised näitajad .....	29
2.3.1. Veesisaldus.....	29
2.3.2. Tilkumiskadu .....	30
2.3.3. Grillimiskadu.....	30
2.3.4. Keedukadu .....	31
2.3.5. Lihassilma pindala.....	31
2.4. Statistiline analüüs.....	32

3. TULEMUSED JA ARUTELU .....	33
3.1. Liha füüsikalised-keemilised näitajad .....	33
3.2. Liha tehnoloogilised näitajad .....	40
JÄRLDUSED JA ETTEPANEKUD .....	47
KOKKUVÕTE .....	48
KASUTATUD KIRJANDUS .....	52
SUMMARY .....	58

## SISSEJUHATUS

Sealiha on õrn ja mahlane ning hea maitsega. Tarbimiseelselt peab liha olema küpsetatud, kusjuures vältida tuleks liha üleküpsetamist, mis muudab selle kuivaks ja tuimaks. Selline liha on kaotanud termilise töötlemise käigus palju lihamahla.

Sealiha toodeti 2016. aastal (elusmassis) 59 589 t, mis oli 10 113 t võrra vähem kui eelnenud aastal. Languse põhjuseks oli madalad kokkuostuhinnad, poliitilised sanktsioonid põllumajanduse turul ja oma osa mängis ka sigade Aafrika katk (Karisalu jt, 2017). FAO (ÜRO Toidu- ja Põllumajandusorganisatsioon) 2014. aasta andmetel toodeti maailmas sealiha 115 313 734 t, veise- 64 681 068 t ning kanaliha 100 352 826 t. Statistikaameti andmete põhjal kasvas Eestis viimastel aastatel liha tarbimine. Arvestatuna tapamassis sõi eestlane 2015. aasta andmetel 77,1 kg liha. Lihaliikidest tarbiti enim sealiha – 41,8 kg (+13,0%) inimese kohta, kusjuures linnuliha söödi 24,7 kg (+5,6%) ja veiseliha 8,1 kg (+8,0%). Kokku kasutati toiduks 101,4 tuhat tonni liha ja tarbimine kasvas 10,0%. (Eesti Statistikaamet, 2016).

Eeltoodust lähtudes on sealiha kvaliteedi hindamise probleemide jätkuv uurimine tähtis, mistõttu on uurimistöö temaatika aktuaalne. Sealiha on Eestis kõige populaarsem ja seda toodetakse ka kõige rohkem. Järelikult tuleb liha omadusi pidevalt uurida, et tagada selle kvaliteet.

Antud uurimustöö eesmärgiks oli:

- anda hinnang Eestis kasvatatavate nuumsigade liha kvaliteedile selle keemilise koostise ja tehnoloogiliste parameetrite määramise kaudu ning esitada tunnustevahelised seosed;
- uurida kas liha tiheduse mõõtmisel saadud andmeid on võimalik kasutada rasva osakaalu prognoosimiseks sealihas.

Magistritöö valmimisel on abiks olnud Eesti Tõusigade Aretusühistu ja Aarne Põldvere, kellele olen äärmiselt tänulik lihaproovide hankimise eest ja kes ühtlasi abistas ning

juhendas katsete läbiviimist. Samuti sooviksin tänada abi, asjakohase nõu ning aja eest õppejõude Riina Soidlat ja Alo Tänavotsa, kes aitasid andmetöötluse osa ning kellel oli asendamatu roll käesoleva töö koostamisel. Lisaks sooviksin tänada Leno Mätast, kes andis nõu ja abistas katsete teostamisel ning töö retsensenti Jaan Partsit.

# **1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE**

## **1.1. Lihaskoe füüsikalis-keemilised näitajad**

Lihaskoe koostisesse kuuluvad valgud, rasvad, süsivesikud, lämmastikku sisaldavad ja mittedisaldavad ekstraktiivained, vesi, mineraalained, samuti ensüümid ning vitamiinid (Keeton ja Eddy, 2004; Olsson ja Pickova, 2005; Lawrie ja Ledward, 2006).

### **1.1.1. Niiskusesisaldus**

Lihaskoe põhiline koostisosa on vesi. Toore liha niiskusesisaldus jääb vahemikku 64–80% (Põldvere ja Tänavots, 2012) ja lihaskoel on see keskmiselt 75% (Keeton ja Eddy, 2004; Lawrie ja Ledward, 2006). Enamik vett hoitakse liha struktuuri ja lihaskoe rakkude sees (Lonergan, 2005).

Mahlasus ja sellest tulenev lihaskoe õrnus sõltub selle niiskusesisaldusest (Aaslyng, 2003). Looma kasvu ja vanuse suurenedes väheneb liha niiskusesisaldus, kuid seda suurem on lihaskoe valgu- ja lihasesisene rasvasisaldus (Candek-Potokar, 1997).

### **1.1.2. Rasvasisaldus**

Sealiha rasvasisaldus on suure varieeruvusega koostisosa, mis sõltub looma tõust, lihatüki anatoomilisest päritolust, selle töötlemise viisist, töötlemisastmest jne (joonis 1). Sigade lihasesisene rasvasisaldus on erinevates lihastes väga erinev, varieerudes 1,1–7,0%. (Fischer, 2000)

Djuroki tõugu sigadel on lihasesisese rasva osakaal suhteliselt kõrge (Wood jt, 2004). Seda kinnitasid ka Tänavots jt (2011) oma uuringus, kus leiti, et kõrgeim lihasesisese rasva osakaal on djuroki (2,31%) ja selle ristandkultide (2,47%) järglastel, olles siiski oluliselt erinev ainult valgete tõugude kultide järglaste (0,98%) vastavast näitajast. Pjetraani tõugu kultide pikima seljalihase rasvasisaldus oli 1,89% (Tänavots jt, 2011).

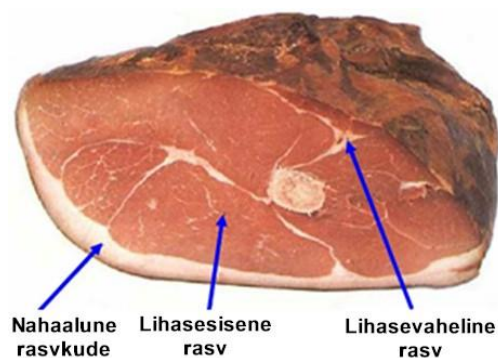


Kehapiirkondadest on kõrgeim rasvasisaldus rindkere ja kaudaalse nimmeosa keskel asuvas lihaskoes. Kõige madalam rasvasisaldus aga rindkere lõpus ja nimmepiirkonna alguses olevates lihastes. (Faucitano jt, 2004)

Marmorsus tekib rasvkoe ladestumisel lihaskiudude vahele, andes lihale marmorja välimuse, kus punaste lihaskiudude ja lihaskiukimpude vahel on heledad rasvatriibud (joonis 2). Marmorsus on enamasti omane hea toitumusega veiselihale, tõstes selle toiteväärtust. Sealiha puhul koguneb rasvkude aga enamasti naha alla ja kõhuõõnde, mitte lihaste sisse ja vahele. Võrreldes teiste põllumajandusloomadega on sead erilised selle poolest, et neil paikneb enamus (68%) keharasvast eraldatava rasvkoena naha all. Kõhurasva (ploomirasv), mis paikneb ümber neerude ja vaagnaõõnes, osakaal on aga 6%. (Wood ja Butler-Hogg, 1982)

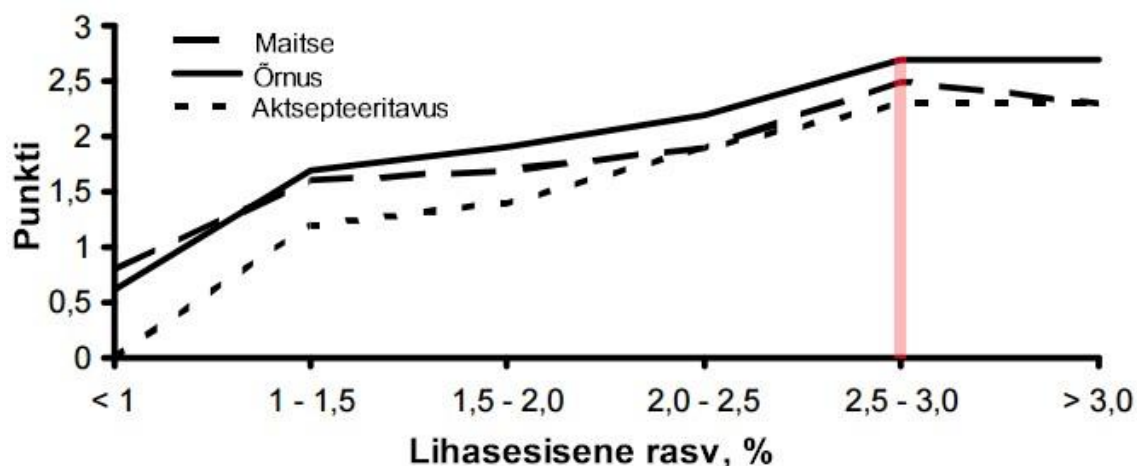


**Joonis 1.** Sealiha marmorsuse skaala (National Pork Producers Council, 1999)



**Joonis 2.** Erinevat tüüpi rasvkoed sealihas (A. Tänavots)

Sealiha puhul on soovitatud optimaalseks lihasesisese rasva tasemeks 2,5–3,0%, mille vahemikus loetakse liha maitset kõige paremaks (joonis 3). Suure marmorsuse korral on lihasesisene rasvasisaldus suurem, mis omakorda parandab liha maitset, õrnust ja mahlasust (Bejerholm jt, 1986). Hea marmorsusega on djuroki tõugu sigade liha (tabel 1), sellel on kõrge intramuskulaarne rasvasisaldus (Warriss, 2000).



**Joonis 3.** Hinnang sealiha maitsele, õrnusele ja üldisele aktsepteeritavusele sõltuvalt lihasesisese rasva sisaldusest (Bejerholm jt, 1986; muudetud A. Tänavots, 2017)

**Tabel 1.** Lihasesisene rasvasisaldus (*longissimus dorsi*) erinevatel seatõugudel (Warriss, 2000; Tänavots jt, 2011)

Näitaja	Tõug				
	suur valge	pjetraän	hämpšir	landrass	djurok
Lihasesisene rasvasisaldus, %	0,9*/0,98**	1,2*/1,89**	1,3*	1,4*/0,98**	2,2*/2,31**

\* – Warriss, 2000; \*\* – Tänavots jt, 2011

### 1.1.3. Valgusisaldus

Loomsed valgud erinevad taimsetest valkudest mitmete tunnuste poolest. Esiteks on loomsed saadused rikkalikumad kaheksa asendamatu aminohappe poolest võrreldes taimsete allikatega. Asendamatud aminohapped on valkude komponendid, mida inimorganism ei ole võimeline ise sünteesima või toodab seda vähesel määral ja neid peab toiduga omastama. (Linkswiler, 1982)

Valgud on keerulise struktuuriga orgaanilised ühendid ja neid on lihaskoe kuivainest 60–80%. Lihaskude ise aga sisaldab endas ligikaudu 18–23% valku (Lonergan, 2005; Okrouhla, 2009). Zymantiene jt (2008) andmetel oli sealihaga valgusisaldus 22,59–23,01%, seevastu Choi jt (2016) leidsid suurema varieeruvusega tulemuse 21,38–23,74%.

Sealiha on inimorganismi jaoks oluline valguallikas. Lihaskoe toiteväärtus sõltub eelkõige selles sisalduvate valkude aminohappelisest koostisest. Need jagunevad vastavalt: valiin, leutsiin, isoleutsiin, treoniin, metioniin, lüsiin, fenüülalaniin ja trüptofaan. Kõige rohkem

leidub sealihas lüsiini (9,71–10,54%), leutsiini (8,18–9,21%) ja arginiini (7,28–7,88%). (Okrouhla, 2006)

#### **1.1.4. Tuhasisaldus**

Sealiha sisaldab olulisi mineraalelemente, sealhulgas rauda ja tsinki. Mineraalelemendid on komponendid, mis jäävad alles pärast taimsete ja loomsete kudede põletamist ning mida nimetatakse tuhaks. Peamised keemilised elemente (Na, K, Ca, Mg, Cl, P ja S) vajab inimene kogustes üle 50 mg päevas. (Tomovic, 2015)

Tuhasisaldus lihases suureneb tailiha osakaalu suurenemisega rümbas. Kui rümba tailihasisaldus on 60% ja enam, on selja pikimas lihases tuhka 1,37–1,43%. Kui aga tailiha osakaal on 50–55%, on tuhasisaldus selja pikimas lihases 1,35–1,39% (Okrouhla, 2009). Needham ja Hoffman (2015) leidsid tailiha tuhasisalduseks  $1,3 \pm 0,04\%$ . Võrreldes teiste autoritega said madalama tulemuse Zymantiene jt (2008) –  $1,17 \pm 0,01\%$  ning Tänavots jt (2011) –  $1,24 \pm 0,09\%$ .

#### **1.1.5. Tihedus**

Tihedus on füüsikaline suurus, mis näitab aine massi ruumalaühikus. Seda tähistatakse sümboliga  $\rho$  ja selle mõõtühikuks on  $\text{kg/m}^3$  (SI-süsteemi põhiühik).

Värske liha tihedust võib mõõta, lähtudes Archimedese seadusest (hüdrostaatika seadus), mille kohaselt igale vedelikus või gaasis paiknevale kehale mõjub üleslükkejõud, mis on võrdne selle keha poolt väljatõrjutud vedeliku või gaasi massiga.

Sõltumata proovi massist on sea lihaskoe tihedus  $1,08 \pm 0,006$  ja rasvkoe oma  $0,94 \pm 0,005 \text{ kg/m}^3$  (Yi ja Chen, 2002). Johnson ja Chant (1990) on samuti uurinud searasva- ja liha tihedust. Searasva tiheduseks said nad  $1,0300\text{--}1,0500 \text{ kg/m}^3$  ning sealihaga seljatükil  $1,0200\text{--}1,0700 \text{ kg/m}^3$ . Teised autorid, nagu näiteks Mata-Hernandez jt (1981), kes uurisid vasikaliha tihedust, said tulemuseks  $1,0591 \pm 0,0074 \text{ kg/m}^3$  ning Kirton (1958), kes analüüsis lambaliha seljatüki tihedust, sai selle väärtuseks  $0,9840\text{--}1,0350 \text{ kg/m}^3$ .

Searümp koosneb erinevatest kudedest, milleks on rasv-, lihas-, luu-, nahk- ja sidekude. Rasv- ja lihaskude on väga erineva tihedusega, kusjuures rasvkude on veest kergem, aga lihaskude raskem. Kui naha ja luu tiheduse suhe on vastavalt rümba massile konstantsed, siis lihas- ja rasvkoe osakaalud on peamised muutujad ning nende suhtelised kogused rümbas peaksid olema mõõdetavad tiheduse kaudu. Walters (1953) leidis hüdrostaatilise kaalumise teel sealiha keskmiseks tiheduseks  $1,027 \text{ kg/m}^3$  ( $1,012\text{--}1,037 \text{ kg/m}^3$ ). Liha tiheduse korrelatsioon lihassilma pindalaga, rümba pikkusega, väärttükide ja lihaskoe osakaaluga oli positiivne ja statistiliselt oluline. Oluline negatiivne korrelatsioon oli liha tiheduse ja seljapeki paksuse vahel (ka külmutatud liha massi ja rasva osakaaluga). Whiteman (1952) uuris liha tiheduse määramismeetodi kasutatavust keemilise analüüsi näitajate (niiskuse-, valgusisaldus jt) alusel rümba tagatüki tailiha osakaalu määramiseks, saades prognoositäpsuseks  $R = 0,912$ .

#### 1.1.6. Värvus

Müoglobiin ja hemoglobiin on pigmendid, mis annavad lihale punase värvuse. Müoglobiin jaotub ühtlaselt kogu lihases ning selle ülesanne on hoida ja hõlbustada hapniku difusiooni kapillaaridest rakusisesesse struktuuri, kus hapnik osaleb oksüdatiivses protsessis (Lindahl, 2005). Õhu käes oksüdeerudes muutub müoglobiin erepunaseks oksümüoglobiiniks, mis annabki lihale omase punaka värvuse. Sellise erepunase väliskihi paksus sõltub liha säilitamise kestusest ning temperatuurist, õhu hapnikusisaldusest ja hapniku difusioonist kudedesse, samuti kudede hapnikutarbest (Aaslyng, 2002; AMSA, 2012). Müoglobiini-sisaldus lihastes sõltub looma liigist, tõust, soost, vanusest ja looma füüsilisest vormist (Lindahl, 2005).

Värske liha värvus (joonis 4) määratakse hemoproteiinide kontsentratsiooni ja keemiliste omaduste kaudu ning lihaste struktuuri abil, mida mõjutab liha temperatuur ja pH.



**Joonis 4.** Sealiha värvuse skaala (National Pork Producers Council, 1999)

Liha loomulik värvus kaob kuumutamisel üle 60 °C, mil müoglobiin kui valk denatureerub. (AMSA, 2012) Soovitava kvaliteediga liha värvus jääb Opto-Stariga mõõtes piiridesse 55–85, PSE-liha korral on väärtus alla 55 ja DFD-liha puhul üle 85 (Ingenieurbüro R. Matthäus, 2011<sup>a</sup>). Kirjanduse andmetel varieerub erinevat tõugu ristandite liha värvus Opto-Stariga mõõdetuna 72,89–76,91 (Pöldvere jt, 2015) ja 62,45–72,45 (Srikanchai, 2009).

#### 1.1.7. Elektrijuhtivus

PSE-liha lihaskoe rakustruktuur on kahjustatud, mistõttu selle elektrijuhtivus on kõrge ( $>8,0$  mS/cm) ja veesiduvus madal. DFD-lihal ehk kuiva konsistentsiga lihal on elektrijuhtivus madal ( $<2,0$  mS/cm). Normaalsel lihal on see näitaja eeltoodud kriteeriumide vahepealne (Ingenieurbüro R. Matthäus, 2011<sup>b</sup>). Van Oeckel (1999) leidis sealihale elektrijuhtivuseks  $5,9 \pm 4,1$  mS/cm. Olenevalt tõukombinatsioonist oli ristandsigade liha keskmine elektrijuhtivus 24 h pärast tapmist 6,26–8,11 mS/cm (Pöldvere jt, 2015). Jukna jt (2012) määrasid sea selja pikima lihase (*Longissimus dorsi*) elektrijuhtivuseks 48 h pärast tapmist keskmiselt suurema väärtuse – 10,62 mS/cm. Lee jt (2000) kasutasid sealihale elektrijuhtivuse mõõtmiseks 24 h pärast tapmist kahte seadet: NWK LT K21 (NWK-Thien GmbH, Landsberg, Saksamaa) ja sond-tüüpi seadet (UW) (mudel 252, Tegam Inc., Geneva, OH44041, USA). Liha elektrijuhtivus oli NWK seadet kasutades  $2,6 \pm 1,4$  ja UW puhul  $7,6 \pm 2,5$  mS/cm.

#### 1.1.8. Tekstuur

Warner-Bratzleri meetodiga mõõdetakse jõudu, mis kulub lihaproovi lõiketeraga läbistamiseks. Selle meetodiga leitav lõikejõud on kõige laiemalt kasutatav analüüs liha õrnuse hindamiseks (Culioli, 1995; Shackelford, 1995; Wheeler, 1997; Ruiz de Huidobro, 2005). Warner-Bratzleri lõikejõudu määratakse spetsiaalse lõiketeraga varustatud analüsaatorit kasutades (Honikel, 1998).

Sealihast (*Longissimus thoracis*) lõigatud silindriliste puursüdami lõikejõu katsetulemuste keskmiseks väärtuseks oli 33,54 N (12,36–74,92 N) (Silva, 2015). Oeckel jt (1999) leidsid võrreldava tulemuse 30,0 N (18,3–51,8 N), kasutades samast kohast pärinevat proovi.

Lisaks Warner-Brazleri seadmele on ka teine meetod liha tekstuuri profiilanalüüsiks (TPA), millega on võimalik imiteerida toidu mälumist suus ja sellega seonduvaid muutusi. Selleks on test, mis põhineb inimese suu mehaaniliste liigutuste imiteerimisel ja selle mõõtetulemused korreleeruvad sensoorse analüüsi tulemustega. Testiga saab hinnata proovi kõvadust, elastsust, näritavust, vastupidavust jne (Choe, 2016). Choe jt (2016) said TPA kõvaduseks keskmiselt  $29,54 \pm 5,37$  N, elastsuse tulemus oli  $0,92 \pm 0,09$  N ja näritavusel  $12,46 \pm 2,76$  N.

### 1.1.9. pH

Lihaskoe pH-väärtus mõjutab mitmeid kvaliteedinäitajaid: värvust, maitset, veesidumisvõimet ja õrnust. Kuigi liha pH on kiiresti muutuv ja erineb ka sama rümba erinevates lihastes ning isegi sama lihase eri piirkondades (pinnal, sügavuses), on see sageli näitajaks, mille alusel otsustatakse liha kasutamiseviisi üle. Näiteks kõrge pH-ga DFD-liha (tume, tuim, kuiv) (pH >6,0) ei sobi fermenteeritud- ja toorsuitsutoodete valmistamiseks (joonis 5).



**Joonis 5.** Sealiha kvaliteedi skaala (PSE – hele, pehme, vesine, RFN – punakas-roosa, tuim, mitte vesine, DFD – tume, kuiv, tuim) (National Pork Producers Council, 1999)

Elusa sea lihaskoe pH on tavaliselt veidi üle 7. Normaalse liha korral võib pH-väärtus pärast tapmist langeda vahemikku 5,4–5,7. Kui algne glükogeenisisaldus on lihas madal, jääb pärast tapmist kõrgeks ka pH-tase ja tegemist on DFD-lihaga. Kui pH-tase lihas langeb kiiresti alla 5,3 (kuni 1,5 tunniga), mõjutab see lihaskoe valke ja siis tekib PSE-liha (hele, pehme, vesine). Seega avaldab lihaskoe pH-tase väga tugevat mõju selle värvusele ja veesidumisvõimele ning mõjutab osaliselt ka liha maitset ja õrnust. (Swatland, 2002: 199)

Wojtysiak ja Poltowicz (2014) mõõtsid sealiha pH väärtuseks kahel erineval tõul (pulawska ja poola suur valge) 5,48–5,63 ( $\pm 0,02$ ). Needham ja Hoffman (2015) said oma

katses sarnase tulemuse ( $5,46 \pm 0,01$ ). Seevastu Alonso jt (2015) leidsid erinevate ristsandisigade (taani landrass, djurok ja suure valge tõu ristsandid) liha keskmiseks pH-väärtuseks 5,53–5,54 ( $\pm 0,02$ ). Tänavots jt (2011) kasutasid puhtatõuliste pjeträäni ja djuroki kultide ning djuroki ja eesti maatõu (DL) ristsandkultide ristamist eesti maatõu ja suurt valget tõugu ristsandemistega ning 24 h pärast tapmist mõõdeti nende lihaskoe pH-väärtuseks  $5,63 \pm 0,15$ .

## **1.2. Liha tehnoloogilised näitajad**

### **1.2.1. Veesisaldus**

Liha veesisaldus tähendab liha omadust siduda või hoida endas sisalduvat vett. Liha veesisaldus on 64–80%, lihaskoe veesisaldus umbes 75%. Liha veesisaldust mõjutab liha keemilised, füüsikalised, organoleptilised ja tehnoloogilised omadused, kusjuures toorel lihal mõjutab see värvust, tuumust, toote saagist, mahlasust, õrnust, struktuuri jne. Liha veesisaldusel on otsene seos liha massikadudega säilitamise ajal. Kui lihal on madal veesisaldus, siis on tal säilitamise ajal suur vee- ja massikadu. Säilitamise ajal toimub veekadu vee aurumise tõttu liha pinnalt, seega mida suurem on liha pind, seda suurem on ka massikadu. (Hughes, 2014)

Lihasesisene vesi paikneb paksude ja peenikeste filamentide vahel (Offer jt, 1989). Äärmusliku PSE-liha glükogeeni kiire lõhustumine piimhappeks põhjustab pH kiire languse, samal ajal on temperatuur suhteliselt kõrge. Kõrge temperatuuri ja madala pH kombinatsioon põhjustab müosiini peade lühenemise, mille tagajärjel müofibrillid tõmbuvad kokku. Fibrillaarsete valkude denaturatsiooni tõttu väheneb liha veesisaldus, mille tulemusena tekib rohkem eraldunud lihamahla (Bendall ja Wismer-Pedersen, 1962; Offer ja Trinick, 1983). Filterpaberi pressmeetodiga lõhutakse analoogselt liha mälumisele suus lihaproovi mikrostruktuur, see väljendabki liha mahlakust (Van Oeckel, 1999). Liha mahlakus korreleerub oluliselt filterpaberi pressmeetodi tulemustega (veesisaldusega) ja liha elektrijuhtivusega (Offer jt, 1989).

Liha veesisaldust mõõtes leidsid Tänavots jt (2011) valgetel tõugudel, pjeträäni, djuroki ning djuroki ja eesti maatõu ristsanditel tulemuseks  $57,55 \pm 3,65\%$ , Wojtysiak ja Poltowicz (2014) pulawska ja poola suurt valget uurides  $18,31\text{--}22,68\%$  ( $\pm 0,39\%$ ), Czyzak-

Runowska jt (2015) landrassi ja pjeträäni ristaniditel 34,89–36,88% ning Choi jt (2016) djuroki tõul  $56,91 \pm 9,06\%$  ja landrassil  $61,99 \pm 6,93\%$ .

Liha tehnoloogilised näitajad on tilkumis-, grillimis- ja keedukadu, mida määratakse erinevatel meetoditel. Tehnoloogiliselt on tähtsad ka mõned füüsikalised näitajad nagu veesidumisvõime, liha pH jne.

### 1.2.2. Tilkumiskadu

Tilkumiskadu on olnud aastate jooksul üks neist sealiha kvaliteedi parameetritest, mis on olnud üha enam tähelepanu all. Kasvav huvi liha kvaliteedi suhtes on tekitanud mitmeid tilkumiskao määramise meetodeid. Neist kõige enam on rahvusvahelist tunnustust leidnud Honikeli (1987) koti meetod. Meetod ise on aga üsnagi ruumimahukas ja võetud proovid on mõjutatavad. Seega peab katsed läbi viies olema väga ettevaatlik, jälgides, et lihatükid ei puutuks üksteise vastu.

Uue, proovide võtmise poolelt märksa vähem tundlikuma, meetodi töötasid välja Rasmussen ja Andersson (1996) – tuntud on see kui EZ-tilkumiskao meetod. *Longissimus thoracis* lihasest võetakse 24 tundi pärast tapmist ringikujulise noaga kaks 2,5 cm diameetriga umbes 10-grammist proovitükki. Need asetatakse sõelaga plastiktopsi ja kaalutakse, 48 tunni möödudes kaalutakse lihaga proovitops uuesti. Nimetatud meetod võimaldab võtta proovitüki ka lihasest, mille välimus sarnaneb PSE-tunnustega lihale (heledad laigud lihases) (Christensen 2003: 469). Christensen (2003) leidis koti meetodit kasutades liha tilkumiskaoks 3,4–6,1%, mis oli EZ-tilkumiskaost 1,2% suurem, olles 2,1–4,9%. Needham ja Hoffman (2015) aga leidsid kotimeetodit kasutades sealiha tilkumiskaoks  $3,72 \pm 0,21\%$ , samas Otto (2004) leidis sama meetodit kasutades kao keskmiseks 3,33% ja EZ-meetodil 4,97%.

Tööstustes on probleemiks sealiha suur tilkumiskadu, mis põhjustab toore, keedetud ja töödeldud lihas massikadu. Rümpade säilitamisel on täheldatud 10–12% suurust massikadu. Suure tilkumiskaoga lihal on ka soovimatu välimus ja tekstuur. Ehkki eksisteerib erinevaid teooriaid tilkumiskadu põhjustavate füüsikalise-keemiliste mehhanismide kohta, näiteks miks lihaskoed kahanevad või miks on veesiduvusel suur varieeruvus, ei ole seda veel täielikult mõistetud. (Luca jt, 2011)



### 1.2.3. Grillimiskadu

Grillimiskadu määratakse tavaliselt liha kuumtöötlemisel grillil või ahjus, seda tuntakse ka küpsetuskaona. Eksperimentaalselt viiakse liha grillimiskao määramist läbi ka pannil praadides. Liha valmistamisviisid erinevad peamiselt kolme mõjuteguri poolest, milleks on liha pinna- ja sisetemperatuur ning soojusülekanne meetod, mis tähendab kontakti õhu või auruga. Liha termilisel töötlemisel avaldab pinnatemperatuur olulist mõju selle lõhnale, maitsele ja värvusele. Temperatuur üle 110 °C soodustab Maillardi reaktsiooni, mis on tähtis liha lõhna ja maitse tekke seisukohast. (Bejerholm, 2003)

Sheard jt (1997) katses kasutati pealt lahtist *Falcon* grilli (*Glynwed Foundries Ltd.*), kus saadi liha massikaoks 34%. Sama meetodit kasutades (Farberware, mudel 455 N, Walter Kiddie, Bronx, NY) on Souza jt (2010) leidnud selja pikima lihase grillimiskaoks  $20,58 \pm 0,98\%$ , Needham ja Hoffman (2015) aga said suurema tulemuse ( $31,33 \pm 0,20\%$ ).

### 1.2.4. Keedukadu

Keedukadu on vedelate ja lahustuvate ainete kombineeritud kadu lihast selle kuumtöötlemisel. Temperatuuri tõustes liha vedelikusisaldus väheneb ning rasva- ja valgusisaldus suureneb, mis viitab sellele, et põhiosa keedukaost moodustab vesi. Vedelikukadu põhjustab tõenäoliselt liha küpsemisel kuumusest tulenev valkude denaturatsioon, mille tõttu valgu struktuurides olevad kapillaarid lukustavad vähem vett. (Aaslyng jt, 2003: 285)

Keedukadu ja toote väljatulek (pärast soolamist, suitsutamist ja järgnevat kuumtöötlemist) on tähtis liha tehnoloogilise kvaliteedi näitaja. Lisaks eeltoodule on keedukadu ka sensoorselt tuntav, kuna suurem vedelikukadu tähendab ka väiksema mahlasusega toodet. Sealiha keedukadu ja toote väljatulekut pärast termilist töötlemist on võimalik määrata värske liha kvaliteedi põhjal nagu näiteks pH, temperatuur ja veesidumisvõime. Antud artiklis leidsid autorid keedukaoks 20,48–44,68%. (Bertram jt, 2003: 707)

Bombrun jt (2015) uurides erinevate lihaste keedukadusid, leidsid *Longissimus thoracise* kaoks  $34,7 \pm 0,3\%$ . Sama leidsid Somelar jt (2001) erinevaid tõuristandeid analüüsides keskmiseks keedukaoks 42,98–45,67% ( $\pm 2,61\%$ ).

Liha massikadu suureneb toiduvalmistamisel, mis on tingitud lihaskoest eralduvatest mahladest. Liha mahlade eraldumine mõjutab tehnoloogilisi näitajaid ja kvaliteeti (mahlasus, õrnus). Puolanne ja Halonen (2010) on käsitlenud kaht peamist teooriat selgitamaks veesidumisvõime erinevusi toores lihas, keskendudes müofilamentide ja müofibrillide tasemele lihas ning kuidas ja miks vesi on jagatud erinevateks sektsioonideks. Huff-Lonergan ja Lonergan (2005) tegid kokkuvõtte eelmistest teooriatest, mille olid välja töötatud Hamm (1972) ning Offer ja Knight (1988).

Kuumutamise ajal eraldub lihast vesi ja lihaskoes toimub lihaskiudude kontraktsioon. Vee eraldumine lihaskoest on tingitud valgu struktuuri muutustest, sest denatureerunud valk seob vähem vett. Veesiduvuse vähenemine lihaskoes algab temperatuuril 40 °C müofibrillaarsete valkude struktuuri muutuste tõttu ja see protsess kiireneb temperatuuril 60 °C (Davey ja Gilbert, 1974; Bouhrara jt, 2012; Promeyrat jt, 2013). See vastab kollageeni denaturatsiooni temperatuurile mõõdetuna diferentsiaalkalorimeetriga (DSC) (Tornberg, 2005).

Davey ja Gilbert (1974) leidsid, et vee väljasurumine lihaskoest on põhjustatud lihaskiudude kontraktsioonist seoses kollageeni kokkutõmbumisega. Lihaskoe kontraktsiooni tase ja lihatüki suuruse varieeruvus on otseselt seotud liha massikaoga ja veesisaldusega (Bouhrara jt, 2012).

### **1.2.5. Lihassilma pindala**

Lihassilma pindala on üks searümba lihajõudlust iseloomustav näitaja, mille suurus sõltub sea tõust. Lihassilma pindalal ja rümba massi vahel on positiivne lineaarne seos, mis tähendab, et searümba massi suurenemisega suureneb ka lihassilma pindala (Hurnik, 2004). Põldvere jt (2015) on leidnud, et erinevatest tõugudest ristsandisigadel oli lihassilma pindala 46,35–52,24 cm<sup>2</sup>. Djuroki tõugu sigade ristsanditel oli kõige suurem lihassilma pindala (52,24 cm<sup>2</sup>) ja kõige väiksem oli see puhtatõulistel eesti maatõugu sigadel (46,35 cm<sup>2</sup>). Sarnasele järeldusele jõudis ka Torga (2015), leides et djurokil ja tema ristsandkuldi järglastel olid suuremad lihassilma pindalad (51,75–52,24 cm<sup>2</sup>) võrreldes valgete tõugudega (46,35–47,04 cm<sup>2</sup>). Suzuki jt (2005) andmetel oli 105 kg raskuste djuroki tõugu elussigade lihassilmad väiksemad, keskmine lihassilma pindala 37,00 cm<sup>2</sup>.

Wojtysiak ja Poltowicz (2014) mõõtsid 100 kg raskuste poola suurt valget ja pulawska seatõugude lihassilma pindalaks vastavalt  $43,28 \pm 1,13$  ja  $51,4 \pm 1,13$  cm<sup>2</sup>.

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1. Katsematerjal

Uurimuses kasutatud proovid searümba pikimast seljalihasest (*Longissimus thoracis*) koos selle peal oleva pekikihi ja kamaraga võeti juhuvalikul Eesti Tõusigade Aretusühistu liikmesfarmi tapapunktis tapetud sigade rümpadelt. Proovid pakendati kilekottidesse ning transporditi EMÜ toiduteaduse ja toiduainete tehnoloogia osakonna lihalaborisse. Laboris paigutati proovid säilitamiseks külmkappi temperatuuril 4 °C. Analüüsid viidi läbi 48 tundi pärast sigade tapmist.

Katseperioodiks oli ajavahemik september 2016 kuni veebruar 2017, mil viidi läbi 10 korduvproovidega katseseeriat.

### 2.2. Liha füüsikalise-keemilised näitajad

#### 2.2.1. Niiskusesisaldus

Liha niiskusesisalduse määramiseks kasutati meetodikat, mis põhines Eesti Vabariigi standardile EVS-ISO 1442:1999 „Liha ja lihatooted. Niiskusesisalduse määramine (põhimeetod)“.

**Põhimõte.** Uuritav proov segati põhjalikult liivaga ja kuivatati konstantse massini  $103 \pm 2$  °C juures.

**Proovide võtmine ja ettevalmistamine.** Proovid vabastati lihast katvast sidekoelisest kelmest ja homogeniseeriti mikrokutris 15 sekundit kiirusega 7000 rpm.

**Määramine.** Büks liiva ja klaaspulgaga asetati lahtiselt ilma kaaneta kuivatuskappi ning kuivatati 30 minutit  $103 \pm 2$  °C juures konstantse massini. Liiva võeti hulgas, mis ületas kaks kuni kolm korda proovi kaalutise. Kaanega kaetud büksil lasti eksikaatoris jahtuda toatemperatuurini. Seejärel teostati kaalumine ( $m_0$ ), tulemused fikseeriti 0,001 g

täpsusega. Büksi viidi 5–8 g homogeniseeritud proovi. Büks koos sisu ja klaaspulgaga kaaluti ( $m_1$ ), tulemused fikseeriti 0,001 g täpsusega. Büksi sisu segati klaaspulgaga. Büks koos proovimaterjali ja klaaspulgaga kuivatati kaks tundi temperatuuril  $103 \pm 2$  °C. Kaanega kaetud büks asetati eksikaatorisse ja jahutati toatemperatuurini. Seejärel teostati kaalumine ( $m_2$ ), tulemused fikseeriti 0,001 g täpsusega. Kuivatamise, jahutamise ja kaalumise protseduure korrati seni, kuni kahe järjestikuse kaalumise tulemuste vahe, kuivatades üks tund, ei ületa 0,1% katsekoguse massist.

**Tulemuste esitamine.** Niiskusesisaldus  $w$  leiti massiprotsentides, kasutades järgmist valemit:

$$w_a = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} * 100 \quad (1)$$

kus

$m_0$  – büksi mass koos klaaspulga ja liivaga g;

$m_1$  – büksi mass koos katsekoguse, liiva ja klaaspulgaga enne kuivatamist g;

$m_2$  – büksi mass koos katsekoguse, liiva ja klaaspulgaga pärast kuivatamist g;

### 2.2.2. Rasvasisaldus

Lihaskoe rasvasisalduse määramiseks kasutati EVS–ISO 1444:1996 standardit “Liha ja lihatooted – vaba rasvasisalduse määramine” ja AOAC Official Method 991.36 – „*Fat (Crude) in Meat and Meat Products*”.

**Põhimõte.** Vastavalt EVS–EN ISO 661:2005 standardile ettevalmistatud uuritavast proovist vaba rasva eraldamine petrooleetriga Soxhlet tüüpi ekstraktoris (FOSS Tecator AB, 2050 Soxtec, Rootsi).

**Proovide võtmine ja ettevalmistamine.** Proovide võtmine toimus vastavalt standardile ISO 5555:2001 „*Animal and vegetable fats and oils – Sampling*“. Proovid valmistati ette vastavalt standardile EVS–EN 661:2005 – „Loomsed ja taimsed rasvad ja õlid. Katseproovide ettevalmistamine“.

**Määramine.** Umbes 0,5 g homogeniseeritud proovi kaaluti ( $m_1$ ) 0,001 g täpsusega, asetati filterpaberist ekstraktsioonihülssi ja kuivatati kuivatuskapis üks tund temperatuuril  $103 \pm 2$  °C ning jahutati eksikaatoris toatemperatuurini.

Alumiiniumist ekstraktsioonikolvid kuivatati 30 minutit  $103 \pm 2$  °C juures konstantse massini, seejärel jahutati eksikaatoris toatemperatuurini ja kaaluti 0,001 g täpsusega ( $m_2$ ) ning täideti 70 ml petrooleetriga.

Ekstraktsioonihülsid prooviga ja -kolvid petrooleetriga asetati ekstraktorisse ning alustati automaatset ekstraktsiooni temperatuuril 135 °C. Ekstraktsiooniprotsess koosnes neljast etapist:

1. proovi keetmine petrooleetris – 30 minutit;
2. proovi läbiuhtmine petrooleetriga – 80 minutit;
3. petrooleetri eemaldamine – 12 minutit;
4. ekstraktsioonikolbide jahutamine – 10 minutit.

Ekstraktsioonikolvid koos rasvaga asetati kuivatuskappi, kus neid kuivatati 30 minutit  $103 \pm 2$  °C juures ja jahutati eksikaatoris toatemperatuurini ning kaaluti 0,001 g täpsusega ( $m_3$ ).

**Tulemuste esitamine.** Eraldunud rasvakogus  $w$  väljendatakse massiprotsentides proovi kohta, kasutades järgmist valemit (EVS–ISO 1444:1996):

$$W = \frac{(m_3 - m_2)}{m_1} * 100 \quad (2)$$

kus

$m_1$  – proovi mass g;

$m_2$  – ekstraktsioonikolvi mass tühjana g;

$m_3$  – ekstraktsioonikolvi mass koos rasvaga g.

### 2.2.3. Valgusisaldus

Lihaskoe valgusisaldust määrati Kjeltrec seadmega (joonis 6) (FOSS, Kjeltrec™ 2300, Taani) (Eesti Vabariigis kehtiva EVS–ISO 937:1978 „*Meat and meat products – Determination of nitrogen content (Reference method)*” ja AOAC Official Method 981.10 – „*Crude protein in meat*” standardi kohaselt.



**Joonis 6.** Seade Kjeltrec valgusisalduse määramiseks (K. Margens)

Liha valgusisaldus on valgu mass, mis vastab allpool esitatud tingimustel määratud ammoniaagi hulga, suhtena proovi massi. Valgusisaldus väljendatakse massiprotsentides.

**Põhimõte.** Katsekogus tuhistati kontsentreeritud väävelhappega kasutades katalüsaatorina vask(II)sulfaati. Seejuures muundus orgaaniline lämmastik amooniumioonideks. Keskkonna leelistamisel eralduv ammoniaak destilleeriti vastuvõtjas olevasse boorhappelahusesse, millest seejärel soolhappega tiitrimisel määrati boorhappega seotud ammoniaagi hulk. Viimase alusel arvutati lämmastikuisaldus proovis ja edasi valgusisaldus.

**Proovide võtmine ja ettevalmistamine.** Proovide võtmine teostati EVS 723:1995 standardi kohaselt. Proovid vabastati lihast katvast sidekoelisest kelmest ja homogeniseeriti mikrokutris 15 sekundit kiirusel 7000 rpm. Saadud proov säilitati külmikus temperatuuril õhukindlalt suletud nõus ja selle analüüs toimus 24 tunni jooksul.

**Määramine.** Umbes kaks grammi proovi kaaluti 0,001 g täpsusega rasvakindlale paberile. Rasvakindel paber koos prooviga asetati põletuskolbi, seejärel lisati põletuskolbi katalüsaatoriks kaks Kjeltabsi tabletti (FOSS Tecator AB, Kjeltabs Cu/3,5, Rootsi) ja 12 ml kontsentreeritud väävelhapet ( $H_2SO_4$ ). Kolvid koos restiga asetati põletusblokki, kus toimus 420 °C juures kuumutamine, mis kestis 60 minutit. Kuumutamise vältel jälgiti, et happeaurude äratõmme oleks ettenähtud intensiivsusega. Esimesed viis minutit pidi äratõmme olema maksimaalne, hiljem aga tuli äratõmbe intensiivsust vähendada, et vältida väävelhappe liigset kadu, mis võis omakorda põhjustada lämmastiku kadu. Pärast põletamist lasti vedelikuga kolbidel jahtuda. Jahutatud kolvid põletatud prooviga asetati automaatanalüsaatorisse, kus proovi lahjendati 80 ml destilleeritud veega ja lisati 50 ml 40% naatriumhüdroksiid (NaOH) lahust. Eralduv ammoniaak destilleeriti veeauruga vastuvõtjas olevasse 1% boorhappelahusesse ja tiitriti automaatselt standardiseeritud 0,2 N soolhappe (HCl) lahusega. Katsetulemuste õigsuse tagamiseks teostati enne analüüsiseeria algust tiitrimise tühikatse.

**Tulemuste esitamine.** Lämmastikuisaldus leiti massiprotsentides, kasutades järgmist valemit (EVS–ISO 937:1978):

$$\%N = 0,0014 \cdot (V_1 - V_0) \cdot \frac{100}{m} \quad (3)$$

kus

$V_0$  – tühikatse tiitrimiseks kulunud 0,2N soolhappe (HCl) lahuse hulk ml;

$V_1$  – proovi tiitrimiseks kulunud 0,2 N soolhappe (HCl) lahuse hulk ml;

$m$  – katsekoguse mass g.

Kui kasutatud soolhappe (HCl) standardlahus ei ole täpselt ettenähtud konsentratsiooniga, tuleb tulemuste arvutamisel kasutada korrigeerivat koefitsienti (EVS–ISO 937:1978):

$$\% \text{ Valk} = N * F \quad (4)$$

kus

$F$  – proteiini faktor lihal 6,25.

#### 2.2.4. Tuhasisaldus

Lihaskoe tuhasisalduse määramiseks kasutati metoodikat, mis vastab standardile ISO 936:1998 „*Meat and meat products – Determination of total ash*“.

**Põhimõte.** Uuritav proov kuivatati, söestati ja tuhastati temperatuuril  $550 \pm 25$  °C, misjärel jahutatud jääk kaaluti.

**Proovide võtmine ja ettevalmistamine.** Proovide võtmiseks kasutati EVS 723:1995 standardit. Proovid vabastati lihast katvast sidekoelisest kelmest ja homogeniseeriti 15 sekundit mikrokutris kiirusega 7000 rpm. Saadud proov säilitati külmikus õhukindlalt suletud nõus ja selle analüüs toimus 24 tunni jooksul.

**Määramine.** Portselantiigel asetati muhvelahju (joonis 7) ja kuumutati 20 minutit  $550 \pm 25$  °C juures. Tiiglil lasti eksikaatoris (joonis 8) jahtuda toatemperatuurini. Seejärel teostati kaalumine ( $m_0$ ) ja tulemused fikseeriti 0,1 mg täpsusega. Tiiglisse viidi 1,5–2 g homogeniseeritud proovi ja teostati kaalumine ( $m_1$ ) ning tulemused fikseeriti 0,1 mg täpsusega. Tiigel koos prooviga asetati jahedasse muhvelahju ja lasti temperatuuril järkjärgult viie kuni kuue tunni jooksul tõusta  $550 \pm 25$  °C juurde. Kuumutamist jätkati  $550 \pm 25$  °C juures, kuni tuhk muutus hallikasvalgeks. Tavapärane kuumutamistsükli kestus oli viis tundi. Seejärel võeti tiigel koos tuhaga muhvelahjust ja asetati eksikaatorisse jahtuma. Pärast jahutamist teostati kaalumine ( $m_2$ ), tulemused fikseeriti 0,1 mg täpsusega.





**Joonis 7.** Muhvelahi (K. Margens)



**Joonis 8.** Eksikaator (K. Margens)

**Tulemuste esitamine.** Tuhasisaldus  $w_a$  leiti massiprotsentides, kasutades järgmist valemit (ISO 936:1998):

$$w_a = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} * 100 \quad (5)$$

kus

$m_0$  – tühja tiigli mass g;

$m_1$  – tiigli mass koos katsekogusega enne tuhastamist g;

$m_2$  – tiigli mass koos tuhaga g.

## 2.2.5. Tihedus

**I etapp.** Värske liha tihedus mõõdeti lähtudes Archimedese meetodist. Keeduklaas täideti  $\frac{3}{4}$  ulatuses destilleeritud veega ja asetati kaalule (Sartorius AG, Saksamaa). Labori statiiv pandi keeduklaasi kohale, sellele kinnitati varras, mida sai üles alla liigutada, et selle küljes olevat proovi vette lasta. Keeduklaasi välisserva külge pandi traadist alus, mille peale asetati proovitükk õhus kaalumiseks. Enne igat kaalumist pandi varras keeduklaasi teatud sügavusele. Proov asetati traadist alusele, et registreerida selle mass õhus (joonis 9).



**Joonis 9.** Proovi massi registreerimine õhus



**Joonis 10.** Proovi massi registreerimine vees

Seejärel suruti proov vardast läbi, et see destilleeritud vette lasta (joonis 10). Jälgiti, et proov ei puutuks kokku keeduklaasi põhja ega külgedega, mis võiks mõjutada lõpptulemust. Tihedus leiti jagades proovitüki massi õhus selle massiga vees (Yi ja Chen, 2002; muudetud autori poolt).

**II etapp.** Liha tiheduse ja rasvkoe osakaalu väärtuste alusel teostati regressioonianalüüs prognoosimaks rasva osakaalu lihaskoes. Selleks määrati esmalt 100 g-se pekitüki tihedus, seejärel vähendati järgnevatel mõõtmistel peki kogust 10 g võrra, asendades selle sama koguse tailihaga, kuni tailiha osakaal saavutas 100%.

#### 2.2.6. Värvus

Selja pikima lihase värvus määrati optomeetriga Opto Star (joonis 11) (R. Matthäus, Saksamaa), mille andur suunati värvuse määramiseks uuritavale pinnale (Ingenieurbüro R. Matthäus 2011b). Seade mõõdab pinnalt peegeldunud või neeldunud valguse intensiivsust spetsiaalse fotodiodi abil.



**Joonis 11.** Optomeeter Opto Star värvuse mõõtmiseks (K. Margens)

Seadet kasutatakse liha välispinnalt lihaskoe kvaliteedi defektide määramiseks. DFD liha puhul toimub seadme kasutamisel intensiivne valguse neeldumine, PSE liha puhul aga tugev valguse peegeldumine. Hea kvaliteediga liha jääb 55–85% Opto Stari väärtuse piiridesse. PSE liha korral on Opto Stari väärtus alla 55%, DFD liha puhul üle 85%.

### 2.2.7. Elektri juhtivus

Elektrijuhtivuse määramiseks lihaskoes kasutati seadet LF Star CPU (joonis 12) (R. Matthäus, Saksamaa). Lihaskoe elektrijuhtivus näitab liha rakustruktuuride kahjustatuste astet.



**Joonis 12.** Seade LF Star CPU elektrijuhtivuse määramiseks (K. Margens)

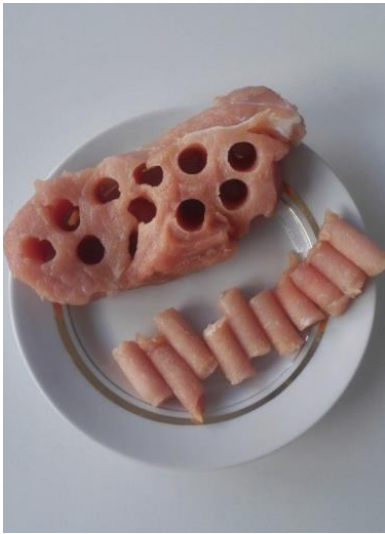
Elektrijuhtivuse abil on võimalik hinnata, kas tegemist on PSE lihaga – elektrijuhtivus suur ( $>8,0$  mS/cm) ja veesiduvus madal, või DFD lihaga – elektrijuhtivus väike ( $<2,0$  mS/cm). Elektrijuhtivuse määramiseks torgati elektroodid lihasesse ja registreeriti tulemus.

### 2.2.8. Tekstuur

Lihaskoe proovitükkide valmistamiseks kasutati puurmasinat, millele oli kinnitatud proovivõtutoru diameetriga 10 mm. Proovitükkide lõikamise hõlbustamiseks hoiti lihatükke temperatuuril  $-2$  °C umbes üks tund. Igast lihatükist puuriti piki lihaskiudu proovivõtu toru abil kuni 15 proovitükki (joonis 13), millest valiti struktuuriparameetrite määramiseks välja 10.

Tekstuuri profiilanalüüs (TPA) viidi läbi tekstuuri-analüsaatoriga, mis joonistab testi läbiviimisel graafiku, mida on võimalik kirjeldada erinevate tekstuursete omaduste kaudu. Tekstuurianalüsaatoritega on võimalik hinnata lihaskiu vastupanu lõikejõule. Levinuimaks meetodiks liha mehaaniliste parameetrite mõõtmisel on lõikejõu määramine Warner-Bratzleri meetodiga. Liha tekstuuri määramiseks kasutati analüsaatorit TA.XTplus

(Ühendkuningriik) (joonis 14), mis oli varustatud Warner-Brazleri lõiketeraga ning liha tarbeks kohandatud arvutitarkvara (Stable Micro System Ltd., 2011).

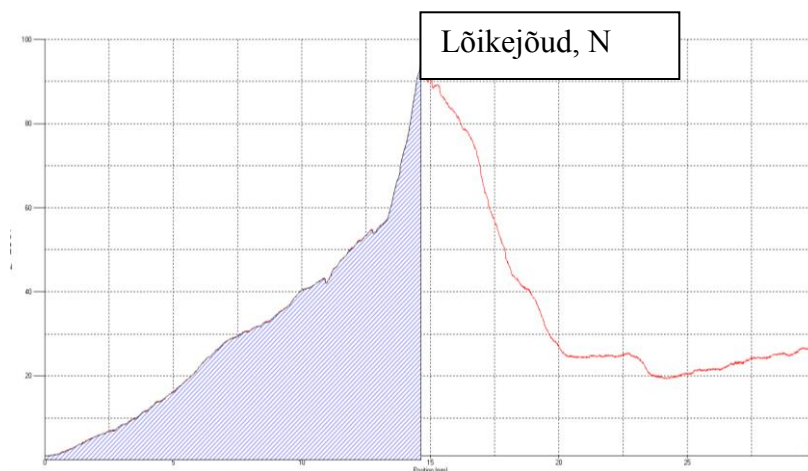


**Joonis 13.** Proovivõtu tükid tekstuuri määramiseks (K. Margens)



**Joonis 14.** Analüsaator TA.XT lõikejõu määramiseks (K. Margens)

Warner-Brazleri lõiketera kujutab endast 1,016 mm paksust V-kujulist 60 kraadise nurgaga metallplaati, mille liikumise kiirus oli 20 mm/sek ja proovile rakendatav jõud maksimaalselt 50 kg (500 N). Lihaproovi lõike ulatust oli võimalik reguleerida, kusjuures antud katse korral oli see näitaja seadistatud 20 mm-le. Proovitükke lõigati risti lihaskiudu, registreerides lihaproovi läbilõikamiseks kulunud jõu (N) (joonis 15). See on jõud, mille juures algab proovitüki purunemine.



**Joonis 15.** Warner-Bratzleri testi väljundgraafiku alusel teostatud mõõtmised (Stable Micro System Ltd., 2011)

### 2.2.9. pH

Lihaskoe pH-väärtuse määramiseks kasutati portatiivset pH-meetrit Testo 205 (joonis 16). Enne igat mõõtmist kalibreeriti aparaat puhverlahustega. Kasutati standardlahuseid pH-ga 4,0 ja 7,0.



**Joonis 16.** pH meeter Testo 205 (K. Margens)

Elektrood puhastati destilleeritud veega enne ja pärast igat mõõtmist ning eemaldati veetilgad paberiga. Liha lõpliku pH-väärtuse registreerimiseks teostati jahutatud liha mõõtmine 48 tundi pärast sigade tapmist. Liha pH määrati selja pikimast lihast viies korduses.

## 2.3. Liha tehnoloogilised näitajad

### 2.3.1. Veesidumisvõime

Liha veesidumisvõime määramiseks kasutati Grau ja Hammi (1952, 1957) meetodit, mida 1962. aastal muutsid Volovinskaja ja Kjellman. Meetod põhineb lihast eralduva vee hulga kindlakstegemise printsiibil, kus selja pikimast lihast lõigatud 0,3 g-ne liha kaalutis pandi viieks minutiks tuhavabale 150 millimeetrise läbimõõduga filterpaberile (Munktel, mark 388, Saksamaa ja Rootsi) ühe kilogrammise raskuse alla kahe klaasi vahele. Pressitud liha ja märja laigu pindalad mõõdeti arvutiprogrammiga Scan Star (Ingenieurbüro R. Matthäus 2011a) ning leiti lihast filterpaberile eraldunud niiske ala pindala. Liha

veesidumisvõime iseloomustab liha võimet hoida endas vett ning seda väljendatakse protsentides liha massi suhtes.

$$B\% = \frac{(A - 8,4 \cdot V)}{A_1} \cdot 100 \quad (6)$$

kus

$B$  – lihast eraldunud vee osakaal %;

$A$  – vee koguhulk uuritavas lihatükis mg;

$A_1$  – proovitüki mass mg;

$8,4$  –  $1 \text{ cm}^2$  suurune filterpaberi ala sisaldab  $8,4 \text{ mg}$  vett;

$V$  – lihast eraldunud vee pindala filterpaberil  $\text{cm}^2$ .

### 2.3.2. Tilkumiskadu

Tilkumiskao määramiseks kasutati Honikeli (1998) meetodit. Selja pikimast lihasest lõigati umbes  $100 \text{ g}$ -ne proovitükk ( $\pm 10 \text{ g}$ ), mis kaaluti  $0,1 \text{ g}$  täpsusega, riputati metallvardale ja asetati termokasti selliselt, et lihatükid ei puutuks kasti seinaga kokku. Seejärel asetati termokast 48 tunniks külmikusse ( $+4 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Pärast ettenähtud aja möödumist võeti lihaproov ja kaaluti  $0,1 \text{ g}$  täpsusega. Saadud massivahe iseloomustas liha tilkumiskadu, mis väljendati protsentides.

### 2.3.3. Grillimiskadu

Grillimiskao määramiseks võeti umbes  $100 \text{ g}$ -ne  $5 \text{ g}$  täpsusega kaalutud proovitükk, asetades selle eelnevalt kuumutatud grillile Severin PG 1511 (Severin Elektrogeräte GmbH, Saksamaa) (joonis 17).



**Joonis 17.** Grill Severin grillimiskao määramiseks (K. Margens)

Proovitüki keskkoha kinnitati termomeetri andur, millet tulemusi registreeriti programiga LoggerPro 3. Lihatükke grilliti sisetemperatuurini  $72 \text{ }^\circ\text{C}$  ja jahutati seejärel toa-

temperatuurini, pärast mida kaaluti proovitükkide mass 0,1 g täpsusega. Arvutuslikult leiti liha massikadu protsentides. Grillimiskao saamiseks lahutati värske lihatüki massist grillitud proovi kaalutis, vahe korrutati sajaga ning jagati toore tüki kaalutisega.

$$W_a = \frac{(m_0 - m_1) \cdot 100}{m_0} \quad (7)$$

kus

$m_0$  – värske lihatüki mass g;

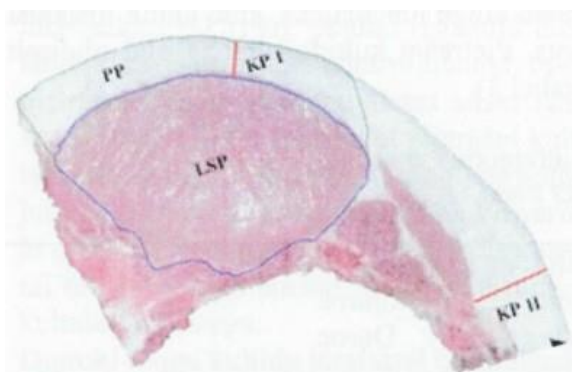
$m_1$  – grillitud lihatüki mass g.

#### 2.3.4. Keedukadu

Selja pikimast lihasest võeti umbes 30 g-ne proovitükk, mida keedeti pliidil keedunõus 45 minutit temperatuuril 95 °C. Pärast keetmist võeti lihatükid veest välja, jahutati toatemperatuurini ning kaaluti 0,1 g täpsusega. Tulemused fikseeriti ja arvutuslikul teel leiti massikadu, mis väljendati protsentides.

#### 2.3.5. Lihassilma pindala

Searümba parempoolne külg poolitati 13. ja 14. selgroolüli vahet kohalt. Statiivile asetatud fotoaparaadiga tehti pilt lihassilmast ja selle peale jäävast pekikihist. Seejärel salvestati foto arvutisse ja spetsiaalse arvutiprogrammiga Scan Star määrati lihassilma ja peki pindala ning küljepeki paksused. Pekipaksused mõõdeti lihassilma peale jääva pekikihi õhemast kohast ja kaudodorsaalse saaglihase (*Caudalis serratus dorsalis*) eesosast (joonis 18).



**Joonis 18.** Arvutitarkvaraga Scan Star mõõdetud näitajad. LSP – selja pikima lihase pindala, PP – peki pindala, KP I – peki paksus õhemast kohast, KP II – peki paksus kaudodorsaalse saaglihase (*Caudalis serratus dorsalis*) eesosast (Ingenieurbüro R. Matthäus 2011a )

## 2.4. Statistiline analüüs

Andmeanalüüs viidi läbi kasutades arvutiprogrammi MS Excel 2013, millega leiti tunnuste keskvärtused ja standardhälbed. Sama programmiga leiti regressioonvõrrand rasva osakaalu prognoosimiseks lihaskoes. Tunnustevaheliste seoste leidmiseks kasutati Pearsoni korrellatsioonanalüüsi. Olulise tõenäosuse tasemed on töös esitatud tavapäraselt: \*\*\* –  $p < 0,001$ ; \*\* –  $p < 0,01$ ; \* –  $p < 0,05$ ; # –  $p < 0,1$ .

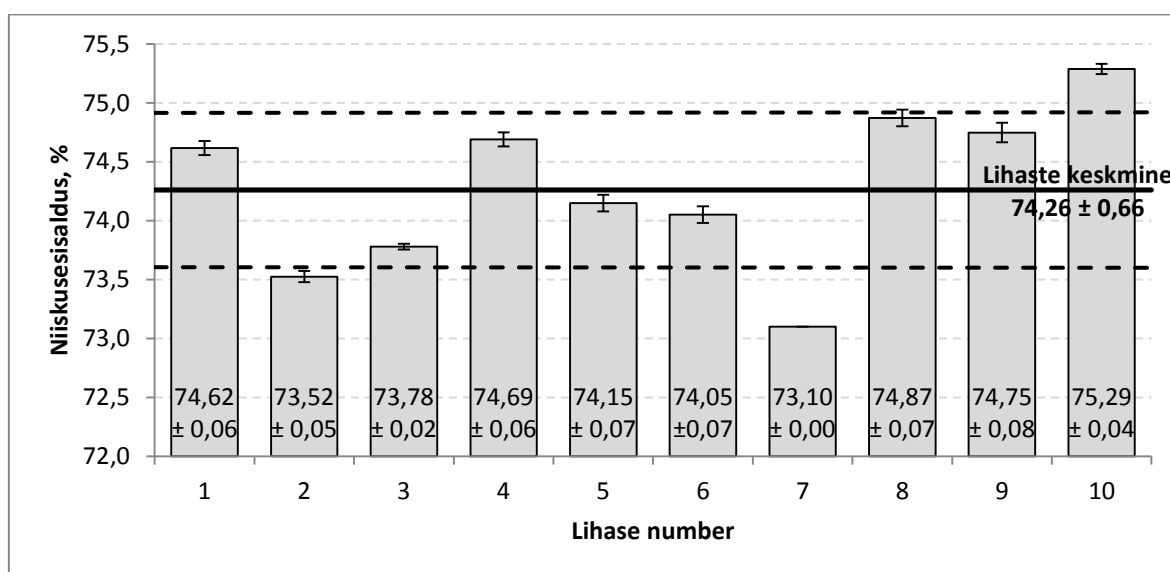


### 3. TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1. Liha füüsikalise-keemilised näitajad

Lihaskoe põhiline koostisosa on vesi. Toore liha veesisaldus jääb vahemikku 64–80% (Põldvere ja Tänavots, 2012) ja lihaskoel on see keskmiselt 75% (Keeton ja Eddy, 2004; Lawrie ja Ledward, 2006). Enamik vett hoitakse liha struktuuri ja lihaskoe rakkude sees (Lonergan, 2005).

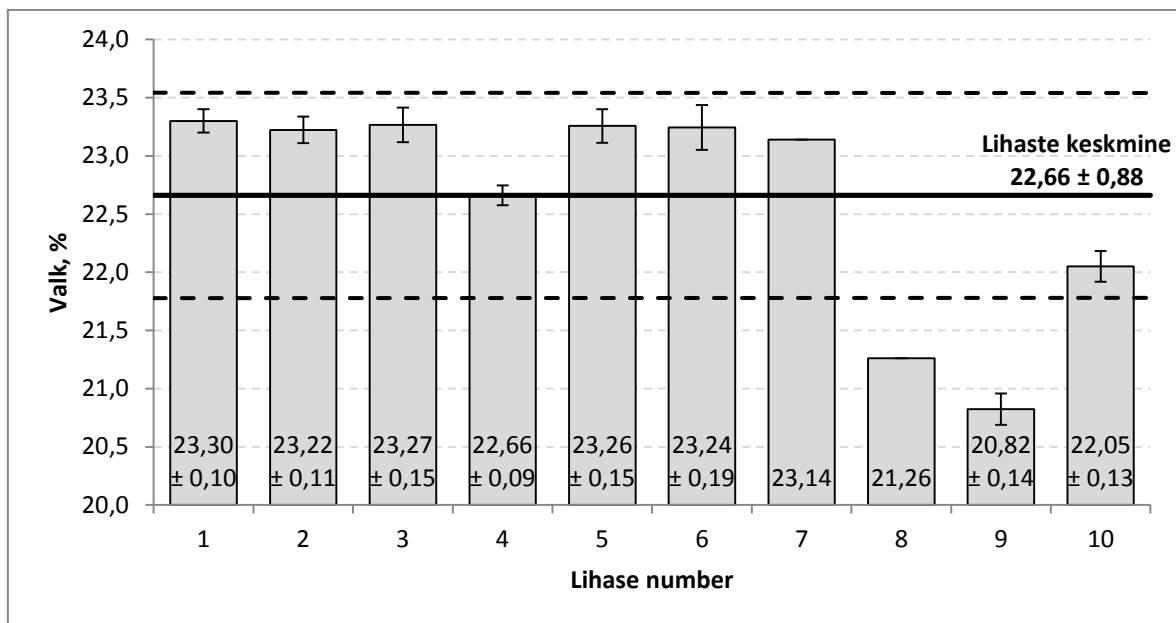
Katsetulemustest nähtub, et erinevatest partiidest pärit lihaskoe niiskusesisaldus varieerus 73,10–75,29% (joonis 19). Madalaima ja kõrgeima väärtuse vahe lihaste lõikes oli 2,99%, samas ka lihaste keskmine standardhälve oli väike ( $s = 0,00–0,08$ ). Kõigi lihaste keskmine niiskusesisaldus oli 74,26%, mis langeb kokku kirjanduses esitatud andmetega – 75% (Keeton ja Eddy, 2004; Lawrie ja Ledward, 2006).



**Joonis 19.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) niiskusesisaldus

Valgud on keerulise struktuuriga orgaanilised ühendid ja need moodustavad lihaskoe kuivainest 60–80%. Sea lihaskude sisaldab valku ligikaudu 18–23% (Lonergan, 2005; Okrouhla, 2009). Zymantiene jt (2008) andmetel oli sealihaga valgusisaldus 22,59–23,01%, seevastu Choi jt (2016) leidsid suurema varieeruvusega tulemuste 21,38–23,74%.

Lihaste keskmine valgusisaldus oli 22,66%. Kõik antud katsete tulemused jäävad kirjanduses kajastatud vahemikku, kuigi suurima (lihas 1) ja väiksema (lihas 9) väärtuse erinevus oli 11,9%, mis näitab suhteliselt suurt varieeruvust tulemuste vahel. Samas lihastesisene kordusproovide standardhälve oli väike, jäädes 0,09–0,19% vahele. Lisaks olid 8. ja 9. lihase katseseeria tulemused väiksemad võrreldes teistega, vastavalt 21,26 ja 20,82% (joonis 20). Sellest tulenevalt on samade katseseeriade rasvasisaldused suuremad, vastavalt 2,84 ja 3,16% (joonis 22).

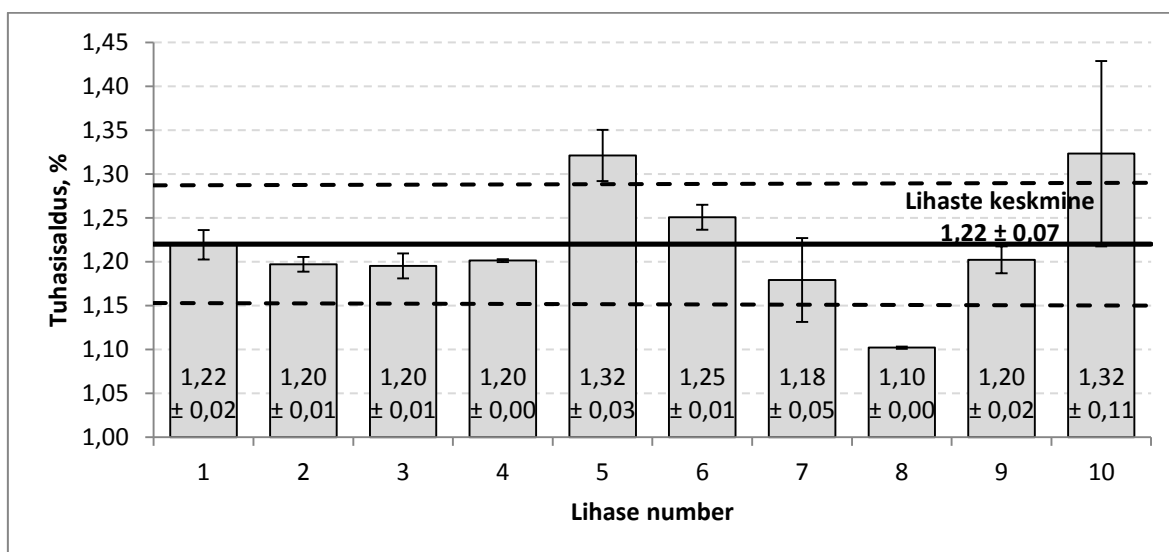


**Joonis 20.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) valgusisaldus

Tuhasisaldus searümba pikimas seljalihas kasvas tailiha osakaalu suurenemisega rümbas. Kui tailihaosakaal rümbas on 60% ja enam, on pikimas seljalihas tuhka 1,37–1,43%. Kui aga tailiha osakaal rümbas on 50–55%, on tuhasisaldus pikimas seljalihas 1,35–1,39% (Okrouhla, 2009). Needham ja Hoffman (2015) leidsid tailiha tuhasisalduseks  $1,3 \pm 0,04\%$ . Võrreldes teiste autoritega leidsid madalama tulemuse Zymantiene jt (2008) –  $1,17 \pm 0,01\%$  ning Tänavots jt (2011) –  $1,24 \pm 0,09\%$ .

Lihaste keskmine tuhasisaldus oli 1,22%. Katsetulemused tuhasisalduse osas jäävad kirjandusega võrreldes madalamaks, kuid standardhälve näitab, et kordusproovide tulemused varieeruvad vähe ( $s = 0,00–0,11\%$ ). Siiski oli lihaproovidest väiksema ja suurema tuhasisalduse väärtuse erinevus 0,22%. Kõige kõrgem keskmine tuhasisaldus oli 5. ja 10. lihase katseseeria proovitükkidel (mõlemal 1,32%; joonis 21), mis tähendab, et

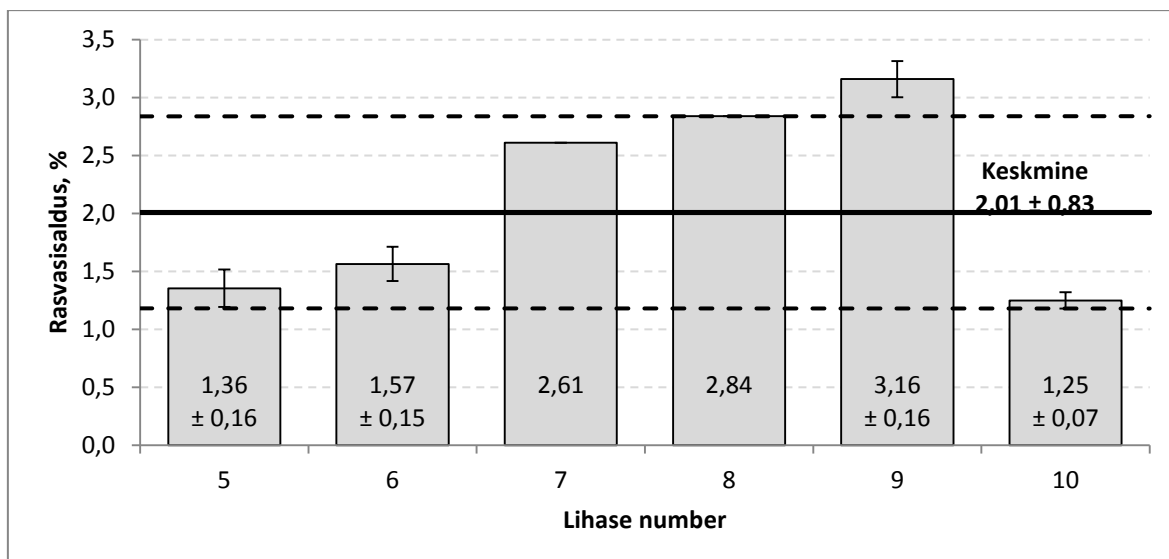
lihases oli rasva vähem (vastavalt 1,36 ja 1,25%; joonis 22) ja eeldatavasti oli tailiha osakaal nendes suurem.



**Joonis 21.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) tuhasisaldus

Sigade lihasesisene rasvasisaldus on erinevates lihastes väga erinev, varieerudes 1,1–7,0% (Fischer, 2000). Djuroki tõugu sigadel on lihasesisese rasva osakaal suhteliselt kõrge (Wood jt, 2004). Seda kinnitasid ka Tänavots jt (2011) oma uuringus, kus leiti, et kõrgeim lihasesisese rasva osakaal on djuroki (2,31%) ja selle ristandkultide (2,47%) järglastel, olles siiski oluliselt erinev ainult valgete tõugude kultide järglaste (0,98%) vastavast näitajast. Pjetraani tõugu kultide pikima seljalihase rasvasisaldus oli 1,89% (Tänavots jt, 2011).

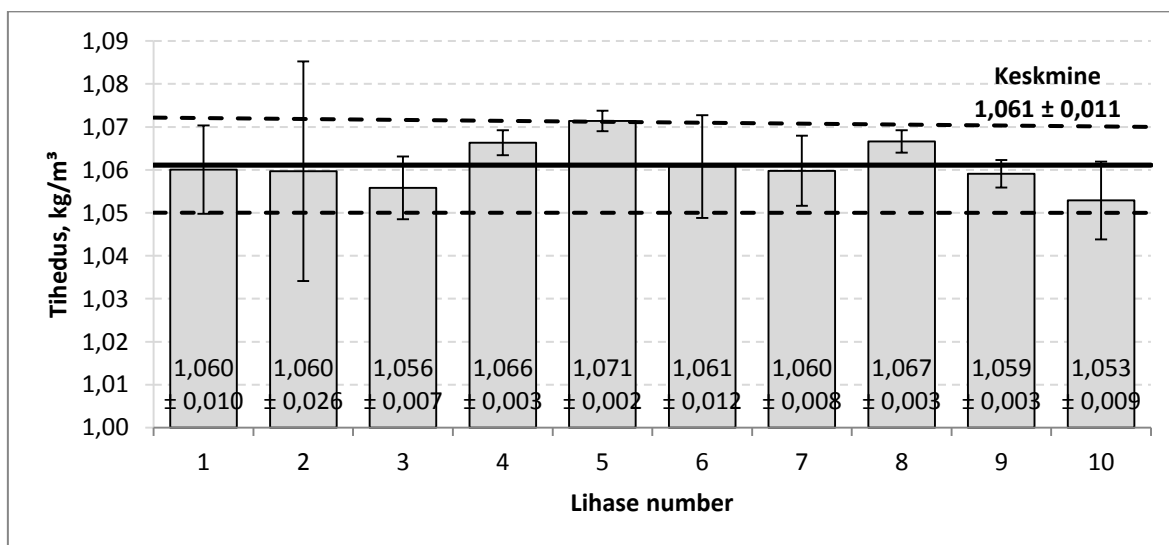
Katseandmetel oli kõigi lihaste keskmine rasvasisaldus  $2,01 \pm 0,83\%$  (joonis 22). Nende maksimum- ja miinimumväärtuse erinevus oli 1,91%, mis näitab, et tulemuste varieeruvus oli kõrge, jäädes 1,25 ja 3,16% vahele. Kuna sealihah puhul on soovitatud optimaalseks lihasesisese rasva tasemeks 2,5–3,0% (Bejerholm jt, 1986), olid antud töös 7. ja 8. lihas kõige maitavamad ja mahlasemad, mis omakorda viitab nende heale marmorsusele. 9. lihase katseseeria proovide keskmine rasvasisaldus ületas 3% (3,16%), mis viitab nende kõrgemale lihasesisesele rasvasisaldusele, millest võib järeldada, et nimetatud katseproovid olid kõige mahlasemad.



**Joonis 22.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) rasvasisaldus

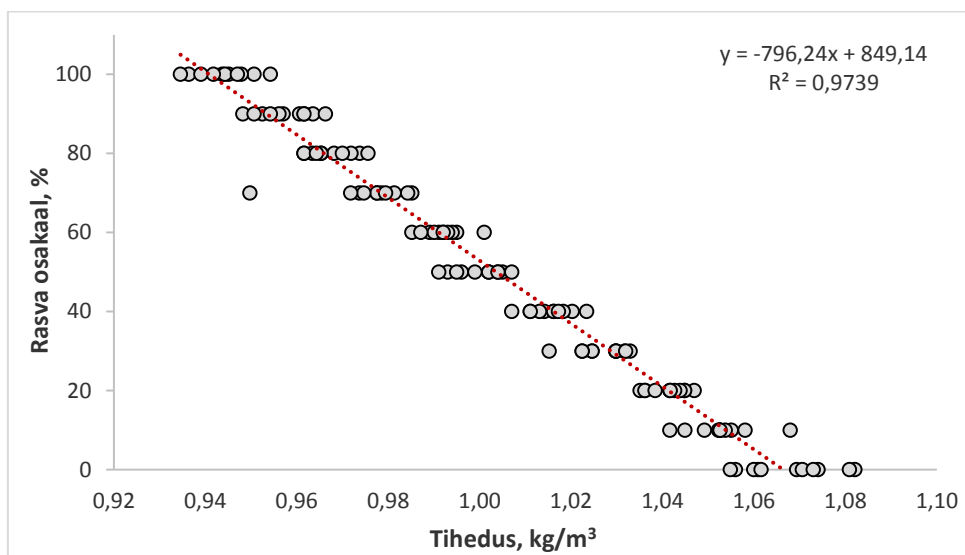
Sõltumata proovi massist on sea lihaskoe tihedus  $1,0800 \pm 0,0060$  ja rasvkoe oma  $0,94 \pm 0,005 \text{ kg/m}^3$  (Yi ja Chen, 2002). Johnson ja Chant (1990) on samuti uurinud searasva ja sealiha tihedust. Searasva tiheduseks mõõtsid nad  $1,0300\text{--}1,0500 \text{ kg/m}^3$  ja sealiha seljatükil saadi tulemuseks  $1,0200\text{--}1,0700 \text{ kg/m}^3$ . Teised autorid, nagu näiteks Mata-Hernandez jt (1981), kes uurisid vasikaliha tihedust, said tulemuseks  $1,0591 \pm 0,0074 \text{ kg/m}^3$  ning Kirton (1958), kes analüüsis lambaliha seljatüki tihedust, sai selle väärtuseks  $0,9840\text{--}1,0350 \text{ kg/m}^3$ .

Katseandmete põhjal saadi lihaskoe keskmiseks tiheduseks  $1,061 \text{ kg/m}^3$ , väike standardhälve ( $0,011 \text{ kg/m}^3$ ) näitab väärtuste vähest varieeruvust (joonis 23).



**Joonis 23.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) tihedus

Maksimum- ja miinimumväärtuste väike erinevus ( $0,018 \text{ kg/m}^3$ ) viitab sellele, et liha tihedus ei ole eriti muutuv suurus. Pigem sõltub tihedus lihasesisesest rasvkoest, kuna see on veest kergem, aga lihaskude raskem. Antud katsete lihaproovide tiheduse väärtused ühtivad eelpool toodud kirjandusallikate tulemustega (Johnson ja Chant, 1990; Yi ja Chen, 2002), kus prognoositi rasvkoe osakaalu lihas selle tiheduse kaudu (joonis 24).

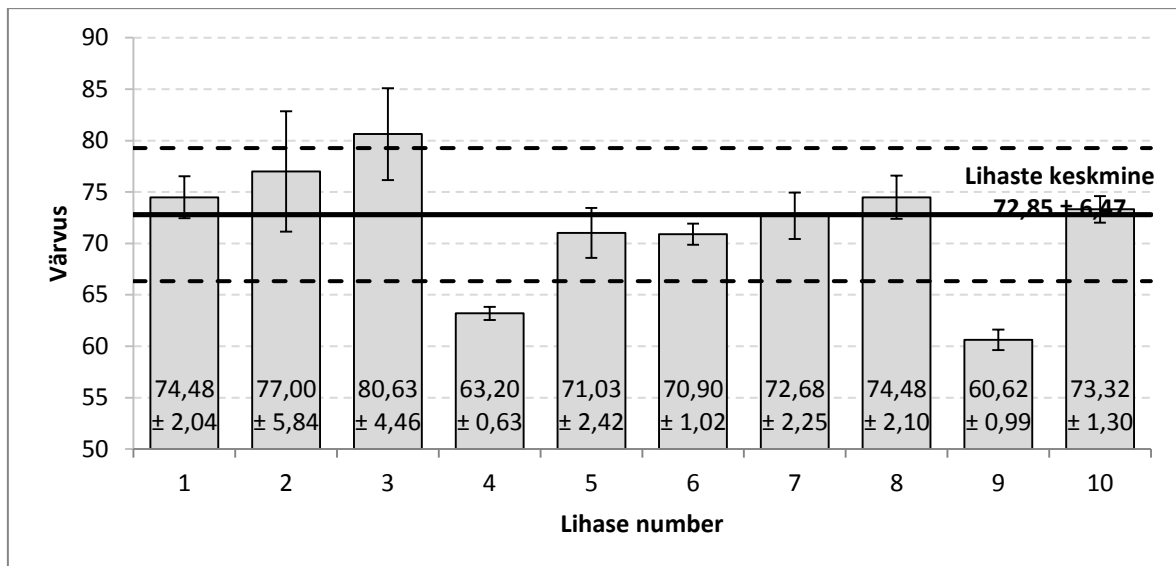


**Joonis 24.** Liha rasvasisalduse prognoosimine selle tiheduse kaudu

Katseandmetest selgub (jooniselt 24), et rasva osakaalu lihases on võimalik prognoosida 97% täpsusega ( $p < 0,001$ ), kasutades liha tiheduse andmeid. Yi ja Chen (2002) andmetel saadi prognoositäpsuseks  $R^2 = 96\%$ . Nii katses saadud tulemused kui ka kirjanduse andmed näitavad, et tiheduse mõõtmist saab kasutada rasva osakaalu prognoosimiseks sealihases.

Soovitava kvaliteediga liha värvus jääb Opto-Stariga mõõtes piiridesse 55–85, PSE-liha korral on väärtus alla 55 ja DFD-liha puhul üle 85 (Ingenieurbüro R. Matthäus, 2011<sup>a</sup>). Kirjanduse andmetel varieerub erinevat tõugu ristandite liha värvus Opto-Stariga mõõdetuna 72,89–76,91 (Põldvere jt, 2015) ja 62,45–72,45 (Srikanchai, 2009).

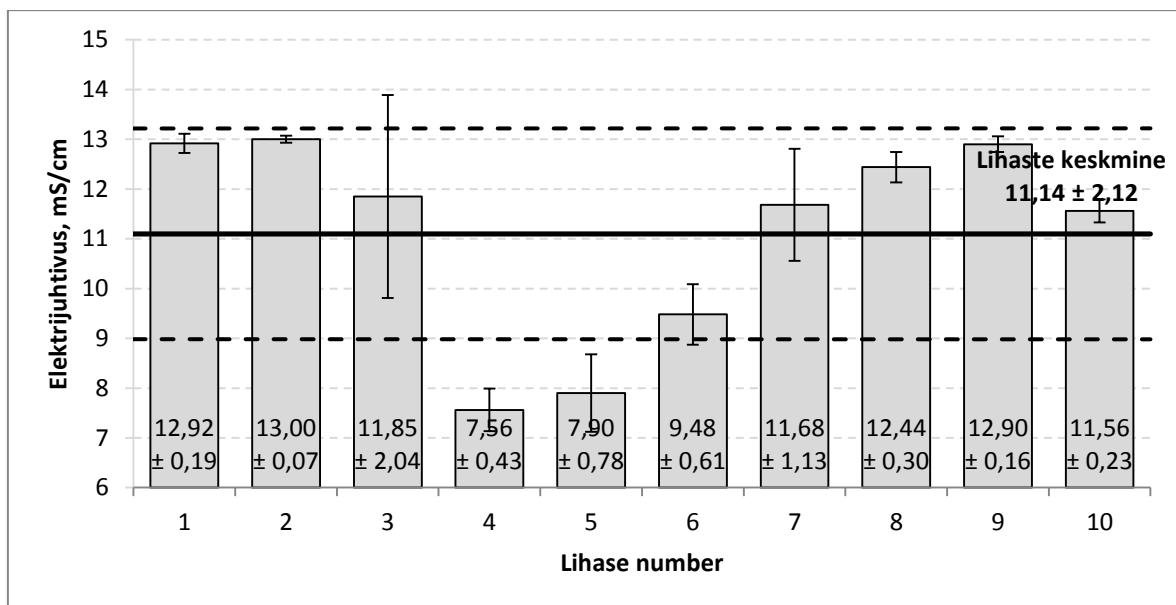
Katsetulemustest selgus, et sealihaliha oli hea kvaliteediga, kuna lihaskoe värvus jäi 63–80 piiridesse. Samas on värvuse väärtused väga varieeruvad ( $s = 6,47$ ) (joonis 25). Samuti oli maksimaalse ja minimaalse värvuse tulemuse vahe 20,01.



**Joonis 25.** Searümba selja pikima lihase keskmised ( $\pm$  standardhälve) värvuse väärtused

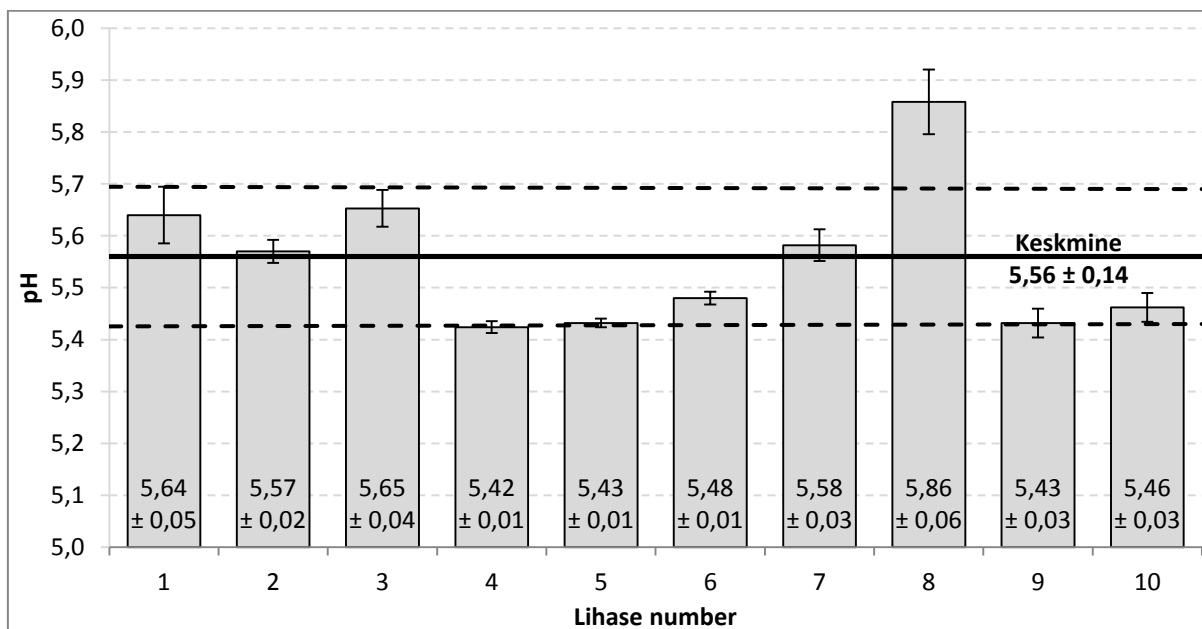
PSE-liha lihaskoe rakustruktuur on kahjustatud, mistõttu selle elektrijuhtivus on kõrge ( $>8,0$  mS/cm) ja veesiduvus madal. DFD-lihal ehk kuiva konsistentsiga lihal on elektrijuhtivus madal ( $<2,0$  mS/cm). Normaalsel lihal on see näitaja eeltoodud kriteeriumide vahepealne (Ingenieurbüro R. Matthäus, 2011<sup>b</sup>). Van Oeckel (1999) leidis sealiha elektrijuhtivuseks  $5,9 \pm 4,1$  mS/cm. Olenevalt tõukombinatsioonist oli ristsidigade liha keskmine elektrijuhtivus 24 h pärast tapmist  $6,26\text{--}8,11$  mS/cm (Põldvere jt, 2015). Jukna jt (2012) määrasid sea selja pikima lihase (*Longissimus dorsi*) elektrijuhtivuseks 48 h pärast tapmist keskmiselt suurema väärtuse –  $10,62$  mS/cm. Lee jt (2000) kasutasid sealiha elektrijuhtivuse mõõtmiseks 24 h pärast tapmist kahte seadet: NWK LT K21 (NWK-Thien GmbH, Landsberg, Saksamaa) ja sond-tüüpi seadet (UW) (mudel 252, Tegam Inc., Geneva, OH44041, USA). Liha elektrijuhtivus oli NWK seadet kasutades  $2,6 \pm 1,4$  ja UW puhul  $7,6 \pm 2,5$  mS/cm.

Maksimaalse ja minimaalse elektrijuhtivuse erinevus oli  $5,44$  mS/cm ning lihaste keskmine standardhälve  $2,12$  mS/cm (joonis 26). Kirjanduse põhjal saab väita, et säilitamisajaga suureneb liha elektrijuhtivus. Selle tõttu on ka antud töös elektrijuhtivus kõrge, kuna mõõtmised teostati 48 h pärast tapmist.



**Joonis 26.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) elektrijuhtivus

Katsete tulemuste keskmine lihaskoe pH oli 5,56, mis viitab erinevalt elektrijuhtivusest normaalsele lihale, kuid tulemustevaheline erinevus oli märgatav, olles 5,42–5,86 (joonis 27).

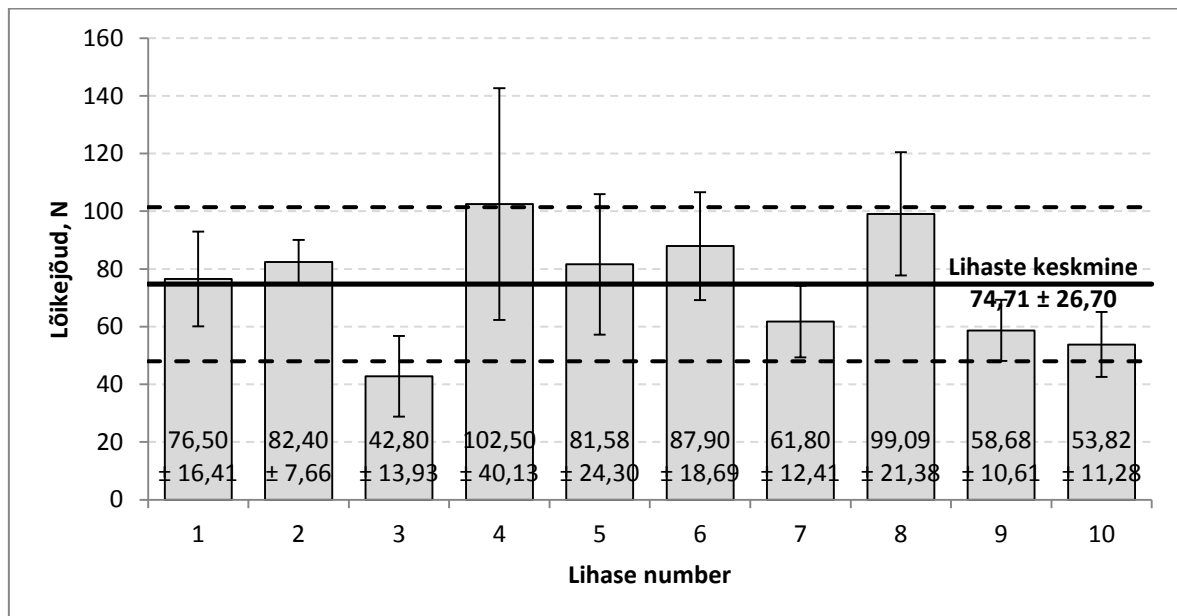


**Joonis 27.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) pH

Wojtysiak ja Poltowicz (2014) mõõtsid sealiha pH väärtuseks kahel erineval tõul (pulawska ja poola suur valge) 5,48–5,63 ( $\pm 0,02$ ). Needham ja Hoffman (2015) said oma katses sarnase tulemuse ( $5,46 \pm 0,01$ ). Seevastu Alonso jt (2015) leidsid erinevate

ristandsigade (taani landrass, djurok ja suure valge tõu ristandid) liha keskmiseks pH-väärtuseks 5,53–5,54 ( $\pm 0,02$ ). Tänavots jt (2011) kasutasid puhtatõuliste pjetraani ja djuroki kultide ning djuroki ja eesti maatõu (DL) ristandkultide ristamist eesti maatõu ja suurt valget tõugu ristandemistega ning 24 h pärast tapmist mõõdeti nende lihaskoe pH-väärtuseks  $5,63 \pm 0,15$ .

Kirjandusallikatega võrreldes leiti, et ka antud katses (joonis 28) oli lõikejõu lihaste vaheline erinevus suur (42,80–102,50 N). Maksimaalse (102,50 N) ja minimaalse (42,80 N) lõikejõu erinevus oli 59,70 N. Samuti oli lõikejõud suure varieeruvusega ( $s = 26,70$  N) näitaja.



**Joonis 28.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) lõikejõud

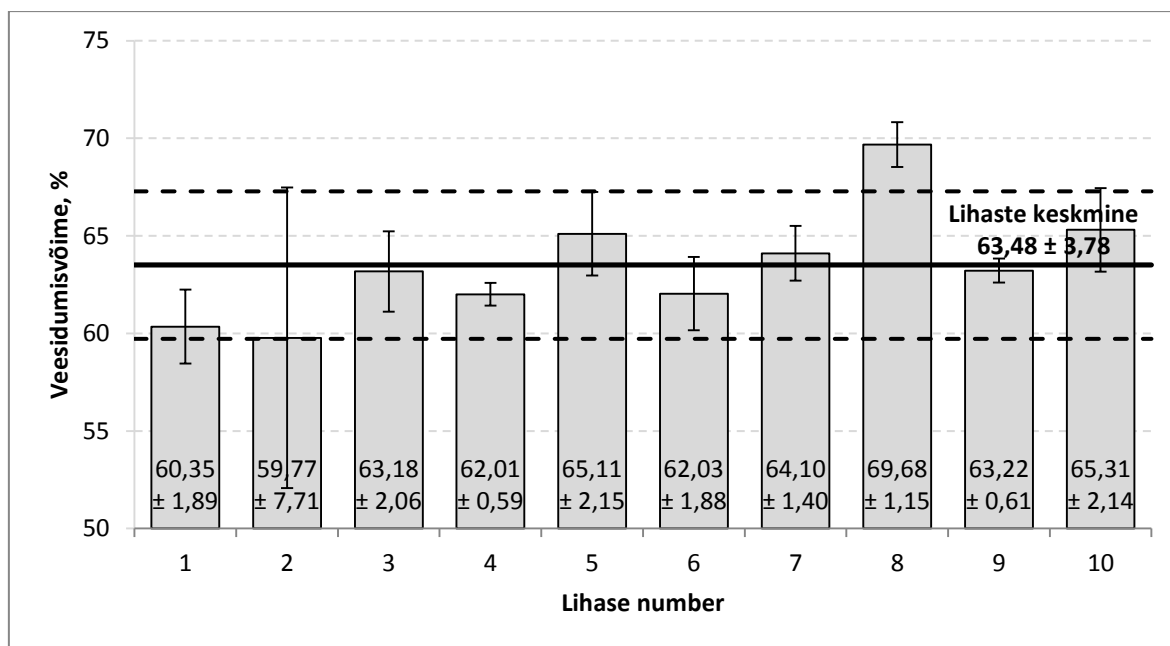
Sealihast (*Longissimus thoracis*) lõigatud silindriliste puursüdame lõikejõu katsetulemuste keskmiseks väärtuseks oli Silva (2015) katses 33,54 N (12,36–74,92 N). Oeckel jt (1999) leidsid võrreldava tulemuse 30,0 N (18,3–51,8 N), kasutades samast kohast pärinevat proovi.

### 3.2. Liha tehnoloogilised näitajad

Joonise 29 andmetel oli lihaste keskmiseks veesidumisvõimeks  $63,48 \pm 3,78\%$ , kus suhteliselt kõrge standardhälve näitas lihaste keskmisena veesiduvuse suurt varieeruvust.



Kõige väiksem veesidumisvõime oli 2. lihasel ( $59,77 \pm 7,71\%$ ) ja suurem 8. ( $69,68 \pm 1,15\%$ ). Maksimaalse ja minimaalse veesidumisvõime väärtuste erinevus oli 9,91%. Kuna veesidumisvõime näitab, kui suurel määral on liha võimeline endas vett hoidma, sõltub sellest ka tilkumiskadu. 8. lihase veesidumisvõime oli suur ja vastavalt sellele oli tilkumiskadu keskmisest madalam ( $2,45 \pm 0,21\%$ ).

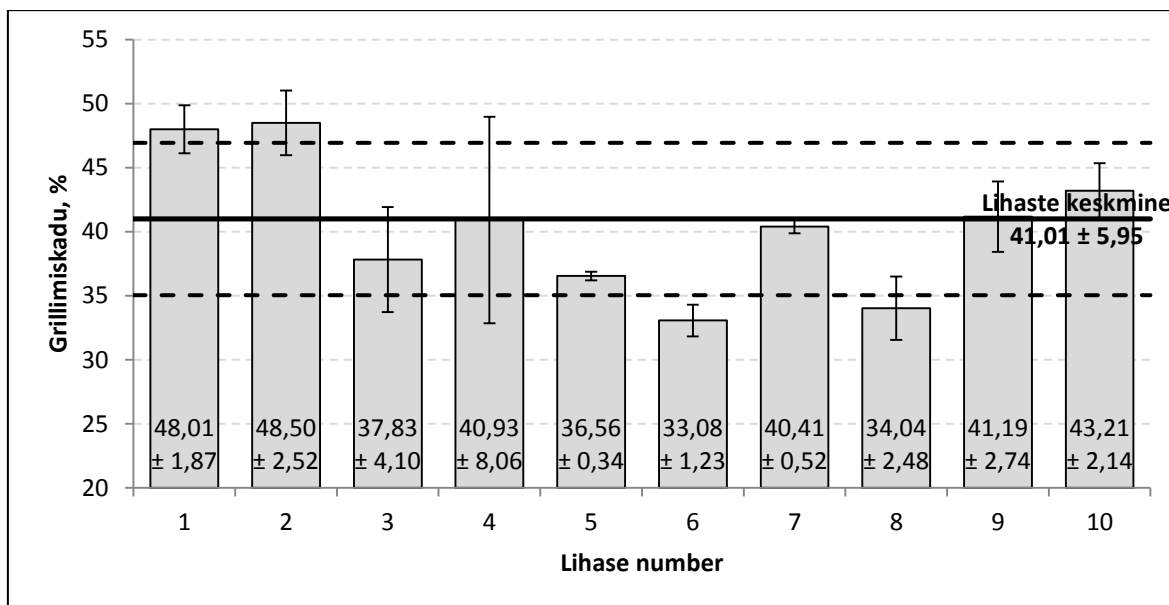


**Joonis 29.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) veesidumisvõime

Liha veesidumisvõime määramisel leidsid Tänavots jt (2011) valgetel tõugudel, pjeträäni, djuroki ning djuroki ja eesti maatõu ristanditel tulemuseks  $57,55 \pm 3,65\%$ , Wojtysiak ja Poltowicz (2014) pulawska ja poola suurt valget uurides aga vaid  $18,31\text{--}22,68\%$  ( $\pm 0,39\%$ ), Czyzak-Runowska jt (2015) landrassi ja pjeträäni ristanditel  $34,89\text{--}36,88\%$  ning Choi jt (2016) djuroki tõul  $56,91 \pm 9,06\%$  ja landrassil  $61,99 \pm 6,93\%$ .

Sheard jt (1997) katses kasutati pealt lahtist *Falcon* grilli (*Glynwed Foundries Ltd.*), kus saadi liha massikaoks 34%. Sama meetodit kasutades (Farberware, mudel 455 N, Walter Kiddie, Bronx, NY) on Souza jt (2010) leidnud selja pikima lihase grillimiskaoks  $20,58 \pm 0,98\%$ , Needham ja Hoffman (2015) aga said suurema tulemuse ( $31,33 \pm 0,20\%$ ).

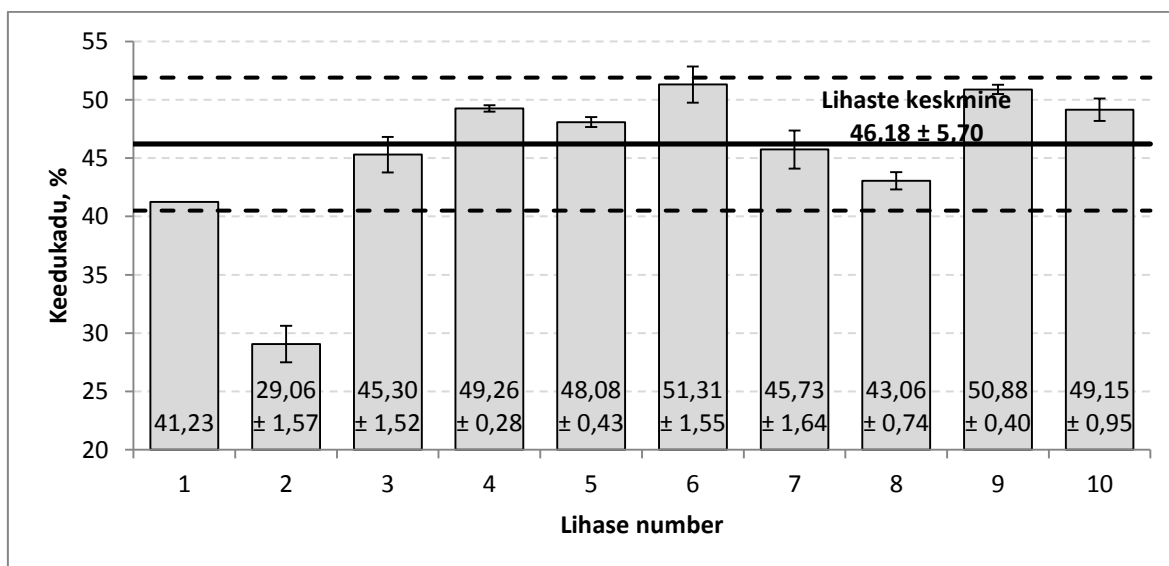
Lihaproovide grillimiskao keskmised tulemused (joonis 30) erinesid suurel määral ( $33,08\text{--}48,50\%$ ). Samas ka lihastesisene väärtuse varieeruvus oli suur ( $s = 0,34\text{--}8,06\%$ ).



**Joonis 30.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) grillimiskadu

Kuna katseid teostati lahtisel grillil, siis võis katsetulemusi mõjutada õhu liikumisest tingitud lihatüki jahtumine grillimise ajal ja ebaühtlane küpsemine. Erinevus maksimaalse ja minimaalse grillimiskao väärtuse vahel oli 15,42%. Kõige enam ühtib antud tulemus Needham ja Hoffman (2015) katseandmetega.

Liha keedukao määramise tulemused erinesid katses suurtes piirides (29,06–51,31%) (joonis 31). Samas oli ka keedukao lihastesisene väärtuse varieeruvus suur ( $s = 0,28$ – $1,64\%$ ), mida näitab ka maksimaalse ja minimaalse väärtuse vaheline erinevus 22,25%.



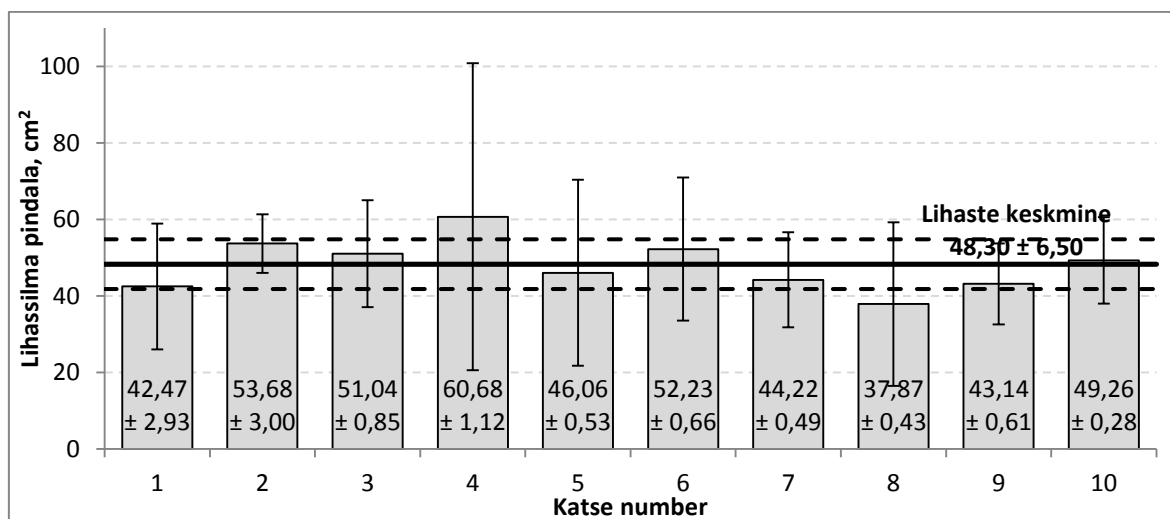
**Joonis 31.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) keedukadu

Suure varieeruvuse põhjuseks võis olla probleem püsiva veetemperatuuri säilitamisega termilise töötlemise käigus või teised tegurid.

Bertram jt (2003) leidsid keedukaoks 20,48–44,68%. Bombrun jt (2015) uurides erinevate lihaste keedukadusid, leidsid *Longissimus thoracise* kaoks  $34,7 \pm 0,3\%$ . Samas Somelar jt (2001) erinevaid tõuristandeid analüüsides said keskmiseks keedukaoks 42,98–45,67% ( $\pm 2,61$ ).

Põldvere jt (2015) leidsid, et erinevatest tõugudest ristandsigadel oli lihassilma pindala 46,35–52,24 cm<sup>2</sup>. Djuroki tõugu sigade ristanditel oli kõige suurem lihassilma pindala (52,24 cm<sup>2</sup>) ja kõige väiksem oli see puhtatõulistel eesti maatõugu sigadel (46,35 cm<sup>2</sup>). Sarnasele järeldusele jõudis ka Torga (2015), leides et djurokil ja tema ristandkuldi järglastel on suuremad lihassilma pindalad (51,75–52,24 cm<sup>2</sup>) võrreldes valgete tõugudega (46,35–47,04 cm<sup>2</sup>). Suzuki jt (2005) andmetel oli 105 kg raskuste djuroki tõugu elussigade lihassilmad väiksemad, keskmine lihassilma pindala 37,00 cm<sup>2</sup>. Wojtysiak ja Poltowicz (2014) mõõtsid 100 kg raskuste poola suurt valget ja pulawska seatõugude lihassilma pindalaks vastavalt  $43,28 \pm 1,13$  ja  $51,4 \pm 1,13$  cm<sup>2</sup>.

Antud uurimustöös oli katsesigade rümpade keskmine lihassilma pindala 48,3 cm<sup>2</sup> (joonis 32), erinedes maksimum- ja miinimumväärtuste osas katsete lõikes 22,81 cm<sup>2</sup>.

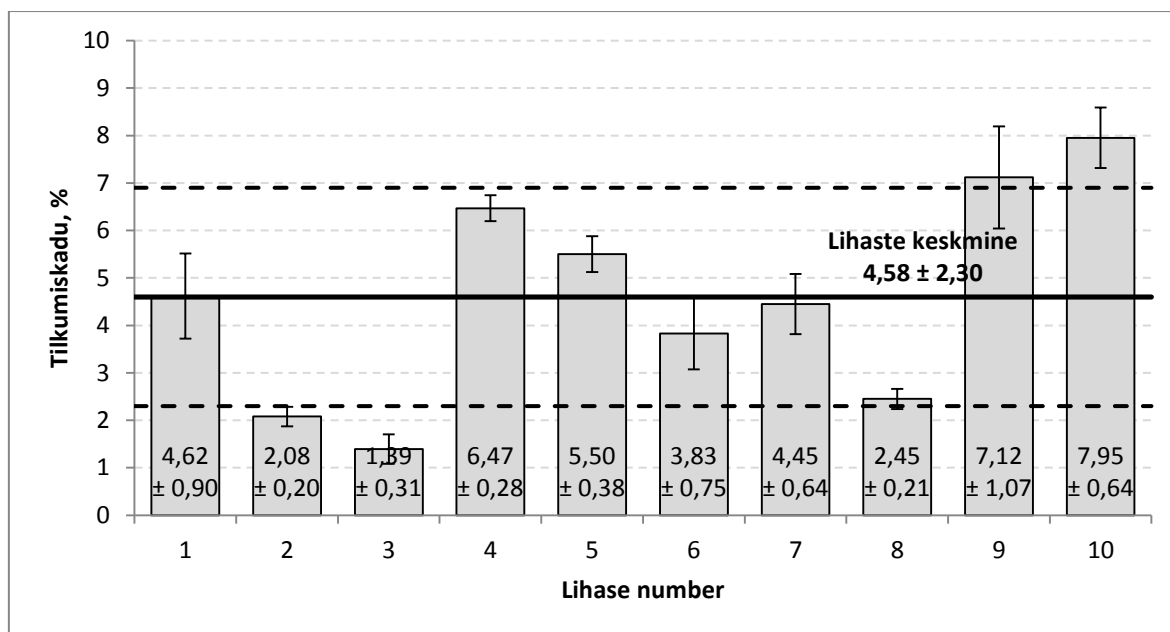


**Joonis 32.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) lihassilma pindala

Standardhälve ( $s = 6,50$  cm<sup>2</sup>) näitas lihaste keskmisena suurt varieeruvust. Saadud katsetulemused olid võrreldavad eelpool toodud kirjandusallikatega, jäädes sarnastesse piiridesse (Põldvere jt, 2015; Torga, 2015; Suzuki jt, 2005; Wojtysiak ja Poltowicz, 2014).

Liha tilkumiskao uurimisel leidis Christensen (2003) koti meetodit kasutades 3,4–6,1%, mis oli EZ-tilkumiskaost 1,2% suurem, olles 2,1–4,9%. Needham ja Hoffman (2015) aga leidsid kotimeetodit kasutades sealiha tilkumiskaoks  $3,72 \pm 0,21\%$ , samas Otto (2004) leidis sama meetodit kasutades kao keskmiseks 3,33% ja EZ-meetodil 4,97%.

Joonise 33 andmetel oli lihaste keskmiseks tilkumiskaoks  $4,58 \pm 2,30\%$ , kus kõrge standardhälve näitab lihaste keskmisena tilkumiskao suurt varieeruvust.



**Joonis 33.** Searümba selja pikima lihase keskmine ( $\pm$  standardhälve) tilkumiskadu

Kõige väiksem tilkumiskadu oli 3. lihasele ( $1,39 \pm 0,31\%$ ) ja suurem 10. ( $7,95 \pm 0,64\%$ ). Tilkumiskadu on seoses liha niiskusesisaldusega, mis oli 10. lihase katseseerias kõige kõrgem (75,29%) ning 3. oli see samuti keskmisest madalam (73,78%).

### 3.3. Seosed sealiha kvaliteedinäitajate vahel

Liha pH on üks olulisemaid liha kvaliteedinäitajaid, mis on seotud teiste kvaliteedi-parameetritega. Kui pH langeb kiiresti alla 5,3 on oht PSE liha tekkeks. Liha pH kiire langus avaldab tugevat mõju lihaskoe värvusele ja veesidumisvõimele ning mõjutab osaliselt ka liha maitset ja õrnust. Tabelis 2 selgus, et liha tilkumiskao ja pH vahel oli tugev negatiivne seos ( $r = -0,71$ ;  $p < 0,05$ ) ning keskmise tugevusega positiivne seos värvuse ja pH-väärtuse ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,1$ ) vahel.

**Tabel 2.** Seosed sealiha kvaliteedinäitajate vahel

Kvaliteedinäitajad	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
1. Lihassilma pindala, cm <sup>2</sup>															
2. pH	-0,55#														
3. Värvus	-0,12	0,61#													
4. Elektrijuhtivus, mS	-0,54	0,54	0,36												
5. Veesisaldus, %	-0,55#	0,45	0,04	0,00											
6. Katseline liha tihedus, g/cm <sup>3</sup>	0,29	0,30	0,61#	-0,10	-0,03										
7. Liha tihedus, g/cm <sup>3</sup>	-0,08	0,02	-0,29	-0,59#	0,24	0,19									
8. Keedukadu, %	0,00	-0,44	-0,56#	-0,50	0,32	-0,66*	0,06								
9. Tilikumiskadu, %	0,07	-0,71*	-0,73*	-0,30	0,03	-0,56#	-0,04	0,60#							
10. Valgusisaldus, %	0,42	-0,10	0,51	-0,31	-0,57#	0,48	0,04	-0,29	-0,38						
11. Niiskusesisaldus, %	-0,14	-0,07	-0,38	-0,04	0,36	-0,36	-0,01	0,38	0,58#	-0,64*					
12. Tuhasisaldus, %	0,27	-0,73*	-0,08	-0,44	-0,22	-0,04	-0,10	0,34	0,56#	0,30	0,19				
13. Rasvasisaldus, %	0,58#	-0,28	0,09	-0,64#	-0,39	0,25	0,45	-0,05	-0,20	0,61#	-0,21	0,29			
14. Grillimiskadu, %	0,17	-0,08	0,18	0,48	-0,63#	0,03	-0,46	-0,61#	0,06	0,21	-0,06	0,07	0,02		
15. Lõikejõud, N	0,45	-0,08	-0,19	-0,69#	-0,18	0,40	0,71*	-0,03	-0,09	0,37	0,01	-0,04	0,59	-0,2	

Madalama pH-ga liha on heledam, kuna selles toimuv valkude denaturatsioon mõjutab liha värvust. Sellises lihas oli rohkem vett, mis viitab ka suuremale tilkumiskaale. Madal pH kahjustab lihaskoe rakustruktuuri, mistõttu vabaneb rakkudes olev vesi. Eeltoodut kinnitab ka lihaskoe veesidumisvõime ja pH vaheline positiivne seos ( $r = 0,45$ ;  $p > 0,05$ ), sest kõrgema pH korral oli veesidumisvõime kõrgem. Samas oli eeltoodud lihasel väiksem tilkumiskadu. Madala happesusega lihaskoel oli suurem ka keedukadu ( $r = -0,44$ ;  $p > 0,05$ ) ja tilkumiskao seos viimasega oli positiivne ( $r = 0,60$ ;  $p < 0,1$ ).

Tugev positiivne seos oli liha lõikejõu ja liha tiheduse vahel ( $r = 0,71$ ;  $p < 0,05$ ), mis näitab, et tihedamat ning sitkemat liha on raskem lõigata. Mida rohkem jõudu kasutatakse sellise liha lõikamiseks, seda nõrgemalt oli vesi lihases seotud, kuid nendevaheline seos osutus nõrgaks ja mitteoluliseks ( $r = -0,18$ ;  $p > 0,05$ ). Suurema valgusisaldusega lihaskude sisaldas ka rohkem rasva, kuid see seos ei osutunud statistiliselt oluliseks, kuid selle suunaline tendents oli olemas ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,1$ ).

Liha keetmiskao ja värvuse vahel oli keskmise tugevusega negatiivne, kuid statistiliselt oluline seos ( $r = -0,56$ ;  $p < 0,1$ ). Seega võib järeldada, et mida rohkem kaotab liha oma massist, seda heledamaks see muutub. Liha keedukadu oli keskmise tugevusega negatiivses korrelatsioonis ( $r = -0,50$ ;  $p > 0,05$ ) elektrijuhtivusega, mis tähendab seda, et liha elektrijuhtivuse suurenedes vähenes selle keedukadu.

Antud katse tulemused kinnitasid kirjanduses esitatud väiteid liha pH seose kohta tehnoloogiliste näitajatega (värvus, tilkumis-, keedukadu ja elektrijuhtivus).

## JÄRLDUSED JA ETTEPANEKUD

- Kokkuvõtvalt saab väita, et uuritud nuumsigade liha keemiline koostis, pH-väärtus ja värvus viitasid kvaliteetsele lihale.
- Sealiha puhul peetakse lihastesisese rasvasisalduse optimaalseks tasemeks 2,5–3,0%, sellised proove antud uurimistöös esines ainult kolm. Need olid hea marmorisusega, seega eeldatavalt maitsetl parimad. Sealiha aktsepteeritavuse seisukohalt tuleb kasutada olemasolevaid võimalusi lihasesise rasvasisalduse suurendamiseks.
- Liha tiheduse mõõtmist saab kasutada rasva osakaalu prognoosimiseks sealihas.
- Liha keedu- ja grillimiskao tulemused varieerusid suurtes piirides, mistõttu oleks vaja nende määramismetoodikaid täpsustada.

## KOKKUVÕTE

Antud uurimustöö eesmärgiks oli anda hinnang nuumsigade lihakvaliteedile liha keemilise koostise ja tehnoloogiliste parameetrite põhjal ning esitada tunnustevahelised seosed.

Samuti uurida kas liha tiheduse mõõtmisel saadud andmeid on võimalik kasutada rasva osakaalu prognoosimiseks sealihas.

Katsematerjalina kasutati juhuslikult valitud 10-ne searümba pikimat seljelihast (*Longissimus thoracis*) koos selle peal oleva pekikihi ja kamaraga.

Searümba selja pikimast lihasest registreeriti keemilised näitajad: niiskuse- tuha-, valgu-, rasvasisaldus, tihedus, värvus, elektrijuhtivus, pH-väärtus ja lõikejõud. Samuti leiti ka tehnoloogilised näitajad: veesidumisvõime, tilkumis-, grillimis- ja keedukadu ning lihassilma pindala.

Andmeanalüüs viidi läbi kasutades arvutiprogrammi MS Excel 2013, millega leiti tunnuste keskvaartused ja standardhälbed. Sama programmiga leiti regressioonvõrrand rasva osakaalu prognoosimiseks lihaskoes. Tunnustevaheliste seoste leidmiseks kasutati Pearsoni korrellatsioonanalüüsi.

Lihaste niiskusesisaldus jäi vahemikku 73,10–75,29% (keskmine  $74,26 \pm 0,66\%$ ), valgusisaldus 20,82–23,30% (keskmine  $22,66 \pm 0,88\%$ ), tuhasisaldus 1,18–1,32% (keskmine  $1,22 \pm 0,07\%$ ) ning rasvasisaldus 1,25–3,16% (keskmine  $2,01 \pm 0,83\%$ ), kuigi suurima ja väiksema väärtuse erinevus 11,9% näitab suhteliselt suurt varieeruvust tulemuste vahel. Samas lihastesisene kordusproovide standardhälve oli väike, jäädes 0,09–0,19% vahele. Katsetulemused tuhasisalduse osas jäid kirjandusega võrreldes madalamaks, kuid standardhälve näitas, et kordusproovide tulemused varieerusid vähe. Lihastesisene rasvasisaldus oli lihaste lõikes varieeruv, maksimum- ja miinimumväärtuse erinevus oli 1,91%. Kirjanduses esitatud väite kohaselt on sealiha puhul optimaalseks lihasesisese rasva tasemeks 2,5–3,0%, mille vahemikus loetakse liha maitset kõige paremaks. Selline rasvasisalduse tase oli proovides 7, 8 ja 9 vastavalt 2,61; 2,84 ja 3,61% mis omakorda viitab liha suuremale marmorsusele.



Värske liha tihedus mõõdeti lähtudes Archimedese meetodist. Läbi viidi kaks erinevat tiheduse määramise analüüsi. Esimese katsetapi läbiviimisel leiti lihaskoe tihedus, kaaludes proovi õhus ja seejärel destilleeritud vees. Katse teises etapis teostati regressioonanalüüs prognoosimaks rasva osakaalu lihaskoes. Selleks määrati esmalt 100 g-se pekitüki tihedus, seejärel vähendati järgnevatel mõõtmistel peki kogust 10 g võrra, asendades selle sama koguse tailihaga, kuni tailiha osakaal saavutas 100%.

Katseandmete põhjal saadi lihaskoe keskmiseks tiheduseks  $1,061 \text{ kg/m}^3$ , väike standardhälve ( $0,011 \text{ kg/m}^3$ ) näitab väärtuste vähest varieeruvust. Teises etapis selgus, et rasva osakaalu lihases on võimalik prognoosida 97% täpsusega ( $p < 0,001$ ), kasutades liha tiheduse andmeid. Läbiviidud uuring näitab, et tiheduse mõõtmist saab kasutada rasva osakaalu prognoosimiseks sealihases.

Katsetulemustest selgus, et sealiha oli hea kvaliteediga, kuna lihaskoe värvus jäi 63–80 piiridesse. Samas on värvuse väärtused väga varieeruvad ( $s = 6,47$ ), maksimaalse ja minimaalse värvuse tulemuse vahe oli 20,01.

Lihaste elektrijuhtivus jäi vahemikku 7,56–13 mS/cm (keskmine  $11,14 \pm 2,12 \text{ mS/cm}$ ), elektrijuhtivuse erinevus lihaste vahel oli 5,44 mS/cm ning keskmine standardhälve 2,12 mS/cm.

Lihaskoe keskmine pH oli 5,56, mis viitab normaalsele lihale, kuigi tulemused varieerusid vahemikus 5,42–5,86.

Läbiviidud katsetes oli lõikejõu lihastevaheline erinevus suur, maksimaalse (102,50 N) ja minimaalse (42,80 N) lõikejõu erinevus oli 59,70 N. Samuti oli lõikejõud suure varieeruvusega ( $s = 26,70 \text{ N}$ ) näitaja.

Lihaste keskmiseks veesidumisvõimeks oli  $63,48 \pm 3,78\%$ , kus suhteliselt kõrge standardhälve näitas lihaste keskmisena veesiduvuse suurt varieeruvust. Kõige väiksem veesidumisvõime oli 2. lihasel ( $59,77 \pm 7,71\%$ ) ja suurem 8. ( $69,68 \pm 1,15\%$ ). Maksimaalse ja minimaalse veesidumisvõime väärtuste erinevus oli 9,91%. Kuna veesidumis-

võime näitab, kui suurel määral on liha võimeline endas vett hoidma, sõltub sellest ka tilkumiskadu.

Lihaste keskmiseks tilkumiskaoks oli  $4,58 \pm 2,30\%$ , kus kõrge standardhälve näitab lihaste keskmisena tilkumiskao suurt varieeruvust. Kõige väiksem tilkumiskadu oli  $1,39 \pm 0,31\%$  (3. lihas) ja suurem  $7,95 \pm 0,64\%$  (10. lihas). Tilkumiskadu seostub liha niiskusesisaldusega, olles 10. lihase puhul kõige kõrgeim (75,29%) ning 3. oli see samuti keskmisest madalam (73,78%).

Lihaproovide grillimiskao keskmised tulemused erinesid suurel määral (33,08–48,50%), nagu ka nende lihastesisene väärtuste varieeruvus ( $s = 0,34$ – $8,06\%$ ). Erinevus maksimaalse ja minimaalse grillimiskao väärtuse vahel oli 15,42%. Kuna katseid teostati lahtisel grillil, siis võis katsetulemusi mõjutada õhu liikumisest tingitud lihatüki jahtumine grillimise ajal ja ebaühtlane küpsemine.

Liha keedukao määramise tulemused erinesid katsetes suurtes piirides (29,06–51,31%). Samas oli ka keedukao lihastesisene väärtuse varieeruvus suur ( $s = 0,28$ – $1,64\%$ ). Suure varieeruvuse põhjuseks võis olla probleem püsiva veetemperatuuri säilitamisega termilise töötlemise käigus või teised tegurid.

Katsesigade rümpade keskmine lihassilma pindala oli  $48,3 \text{ cm}^2$ , erinedes maksimum- ja miinimumväärtuste osas katsete lõikes  $22,81 \text{ cm}^2$ . Standardhälve ( $s = 6,50 \text{ cm}^2$ ) näitas lihaste keskmisena suurt varieeruvust.

Katseandmetest selgus, et liha tilkumiskao ja pH vahel oli tugev negatiivne seos ( $r = -0,71$ ;  $p < 0,05$ ) ning keskmise tugevusega positiivne seos värvuse ja pH-väärtuse ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,1$ ) vahel. Lihaskoe veesidumisvõime ja pH vahel oli positiivne seos ( $r = 0,45$ ;  $p > 0,05$ ), sest kõrgema pH korral oli veesidumisvõime kõrgem ja tilkumiskadu väiksem. Madala happesusega lihaskoel oli ka suurem keedukadu ( $r = -0,44$ ;  $p > 0,05$ ) ja tilkumiskadu ( $r = 0,60$ ;  $p < 0,1$ ). Liha lõikejõu ja tiheduse vaheline positiivne seos ( $r = 0,71$ ;  $p < 0,05$ ), näitab, et sitkemat liha on raskem lõigata. Liha veesidumisvõime ja lõikejõu vaheline seos osutus nõrgaks ja mitteoluliseks ( $r = -0,18$ ;  $p > 0,05$ ). Suurema valgusisaldusega lihaskude sisaldas ka rohkem rasva, kuid see seos ei osutunud statistiliselt oluliseks ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,1$ ).

Liha keetmiskao ja värvuse vahel oli keskmise tugevusega negatiivne, kuid statistiliselt oluline seos ( $r = -0,56$ ;  $p < 0,1$ ). Seega võib järeldada, et mida rohkem kaotab liha oma massist, seda heledamaks see muutub. Liha keedukadu oli keskmise tugevusega negatiivses korrelatsioonis ( $r = -0,50$ ;  $p > 0,05$ ) elektrijuhtivusega.

Kokkuvõtvalt saab väita, et uuritud nuumsigade liha keemiline koostis, pH-väärtus ja värvus viitasid kvaliteetsele lihale. Sealiha aktsepteeritavuse seisukohalt tuleb kasutada olemasolevaid võimalusi lihasesise rasvasisalduse suurendamiseks. Liha tiheduse mõõtmist saab kasutada rasva osakaalu prognoosimiseks sealihases. Liha keedu- ja grillimiskao tulemused varieerusid suurtes piirides, mistõttu oleks vaja nende määramismetoodikaid täpsustada.

## KASUTATUD KIRJANDUS

- Aaslyng, M.D., Bejerholm, C., Ertbjerg, P., Bertram, H.C., Andersen, H.J.** (2003). Cooking loss and juiciness of pork in relation to raw meat quality and cooking procedure. – *Food Quality and Preference*, Vol. 14, No. 4, pp. 277–288.
- Aaslyng, M.D.** (2002). Quality indicators for raw meat. – *Meat processing*. pp. 157–174.
- Alonso, V., Muela, E., Gutiérrez, B., Calanche, J. B., Roncalés, P., Beltrán, J. A.** (2015). The inclusion of Duroc breed in maternal line affects pork quality and fatty acid profile. – *Meat Science*. Vol. 107, pp. 49–56.
- American meat science association.** (2016). Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat. Second edition. 106 pp.
- Bejerholm, C., Aaslyng, M.D.** (2003). The influence of cooking technique and core temperature on results of a sensory analysis of pork-depending on the raw meat quality. – *Food quality and preference*. Vol. 15, pp. 19–30.
- Bejerholm, C., Barton- Gade, P.A.** (1986) Effect of intramuscular fat level on eating quality in pig meat. Proc. 32nd European Meeting of Meat Research Workers. Bristol, UK, pp. 196–197.
- Bendall, J.R., Wismer-Pedersen, J.** (1961). Some Properties of the Fibrillar Proteins of Normal and Watery Pork Muscle. – *Journal of Food Science*. Vol. 27, No. 2, pp. 144–159.
- Bombrun, L., Gatellier, P., Portanguen, S., Kondjoyan, A.** (2015). Analysis of the juice and water losses in salted and unsalted pork samples heated in water bath. Consequences for the prediction of weight loss by transfer models. – *Meat Science*. Vol. 99, pp. 113–122.
- Bouhrara, M., Clerjon, S., Damez, J. L., Kondjoyan, A., & Bonny, J.M.** (2012). In situ imaging highlights local structural changes during heating: the case of meat. – *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 60, No. 18, pp. 4678–4687.
- Candek-Potokar, M., Žlender, B., Lefaucheur, L., Bonneau, M.** (1998). Effects of Age and/or Weight at Slaughter on Longissimus dorsi Muscle: Biochemical Traits and Sensory Quality in Pigs. – *Meat science*. Vol. 48, No. 3/4, pp. 287–300.
- Choe, J. H., Choi, M. H., Rhee, M. S., Kim, B. C.** (2016). Estimation of Sensory Pork Loin Tenderness Using Warner-Bratzler Shear Force and Texture Profile Analysis Measurements. – *Asian-Australasian journal of animal sciences*. Vol. 29, No.7, pp. 1029–1036.
- Choi, Y.-S., Lee, J.-K., Jung, J.-T., Jung, Y.-C., Jung, J.-H., Jung, M.-O., Choi, Y.-I., Jin, S.-K., Choi, J.-S.** (2016). Comparison of Meat Quality and Fatty Acid Composition of

- Longissimus Muscles from Purebred Pigs and Three-way Crossbred LYD Pigs. – *Korean society for food science of animal resources*. Vol. 36, No. 5, pp. 689–696.
- Christensen, L.B.** (2003). Drip loss sampling in porcine *m.longissimus dorsi*. – *Meat science*. Vol. 63, pp. 469–477.
- Culioli, J.** (1995). Meat tenderness: Mechanical assessment. In A. Ouali, D. I. DeMeyer, & F. J. M. Smulders (Eds.), Expression of tissue proteinases and regulation of protein degradation as related to meat quality (pp. 239–263). Utrecht (The Netherlands): ECCEAMST.
- Davey, C. L., & Gilbert, K. V.** (1974). Temperature-dependent cooking toughness in beef. – *Journal of Science of Food and Agriculture*. Vol. 25, pp. 931–938.
- EVS.1995.** Liha ja lihatooted. Proovivõtu meetod. EVS 723:1995. Eesti Standardamet. 4 lk.
- EVS.1996.** Liha ja lihatooted. Vaba rasvasisalduse määramine. (Põhimeetod). ISO 1444:1996. Eesti Standardikeskus. 3 lk.
- EVS.1996.** Liha ja lihatooted. Vaba rasvasisalduse määramine. (Põhimeetod). ISO 1444:1996. Eesti Standardikeskus. 3 lk.
- EVS.1978.** Liha ja lihatooted. Valgusisalduse määramine. (Põhimeetod). ISO 937:1978. Eesti Standardikeskus. 3 lk.
- EVS.1997.** Liha ja lihatooted. Niiskusesisalduse määramine. (Põhimeetod). EVS–ISO 1442:1999. Eesti Standardikeskus. 4 lk.
- EVS.1998.** Liha ja lihatooted. Tuhasisalduse määramine. (Põhimeetod). ISO 936:1998 (E). Eesti Standardikeskus. 3 lk.
- Faucitano, L., Rivest, J., Daigle, J.P., Lévesque, J., Gariépy, C.** (2004). Distribution of intramuscular fat content and marbling within the longissimus muscle of pigs. – *Canadian journal of animal science*. pp. 57–61.
- Fischer, K., Reichel, M., Lindner, J.P., Wicke, M., Branscheid, W.** (2000). Einfluss der Vattertierasse auf die Verzehrsqualität von Schweinefleisch. – *Archiv für Tierzucht* 43. pp. 477–485.
- Grau R., Hamm R.** (1952). Eine einfache Methode zur Bestimmung der Wasserbindung im Fleisch. *Fleischwirtschaft*, Bd. 4, S. 295–297.
- Grau R., Hamm R.** (1957). Über das Wasserbindungsvermögen des Säugetiermuskels. II Über die Bestimmung der Wasserbindung des Muskels. – *Z. Lebensmittel – Untersuchung und Forschung*, Bd. 15, S. 446–460.
- Honikel, K.O.** (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. – *Meat Science*. Vol. 49. Kulmbach pp. 447–457.
- Honikel, K.O., Hamm, R.** (1994). Quality Attribute and their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products: Measurement of water-holding capacity and juiciness, Vol. 9, pp. 125–161.

- Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., Warner, R. D.** (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. – *Meat Science*. Vol. 98, pp. 520–532.
- Hurnik, D.** (2004). Loin eye size and what factors drive it? – *Atlantic Swine Research Partnership Inc. Annual Report*. pp 18–20.
- Ingenieurbüro R. Matthäus.** (2011<sup>a</sup>). Opto Star device. User manual, 20 pp.
- Ingenieurbüro R. Matthäus.** (2011<sup>b</sup>). LF-Star device. User manual, 17 pp.
- Ingenieurbüro R. Matthäus.** (2011<sup>c</sup>). Scan Star CPU device. User manual, 5 pp.
- Johnson, E.R., Chant, D.C.** (1998). Use of carcass density for determining carcass composition in beef cattle. – *New Zealand Journal of Agricultural Research*. Vol. 41, No. 3, pp. 325–333.
- Jukna, V., Jukna, Č., Pečiulaitienė, N.** (2012). Electrical conductivity of pig meat and its relation with quality. – *Veterinarija ir zootechnika*. Vol. 57, No. 79, pp. 18–21.
- Karisalu, K., Uibokand, M., Tilk, A., Jürgenson, L.** (2017). Eesti loomakasvatus 2016. aastal. – *Tõuloomakasvatus*. Vol. 20, nr 1; lk 4–5.
- Keeton, J.T. & Eddy, S.** (2004). Chemical and physical characteristics of meat/Chemical composition. In: Jensen, W. K., Carrick, D. & Dikeman, M. (eds.). – *Encyclopedia of meat sciences*. Oxford, UK: Elsevier Ltd. p. 210–218.
- Kirton, A. H., Barton, R. A.** (1958). Specific gravity as an index of the fat content of mutton carcasses and various joints. – *New Zealand Journal of Agricultural Research*. Vol. 1, No. 5, pp. 633–641.
- Lawrie, R.A. & Ledward, D.A.** (2006). Lawrie's meat science. 7th ed. Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd. & CRC Press LLC.
- Lee, S., Norman, J.M., Gunasekaran, S., van Laack, R.L.J.M., Kim, B.C., Kauman, R.G.** (2000). Use of electrical conductivity to predict water-holding capacity in post-rigor pork. – *Meat Science*. Vol. 55, pp. 385–389.
- Lindahl, G.** (2005). Colour characteristics of fresh pork. 9 pp.
- Linkswiler, H.M.** (1982). Importance of Animal Protein in Human Nutrition. – *Animal Products in Human Nutrition*. pp. 263–273.
- Lonergan, E. H., Lonergan, M. S.** (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. – *Meat science*. Vol. 71, pp 194–204.
- Mata-Hernandez, A., Marchello, J. A., Roubicek, C. B., Ochoa, M. F., Bennett, J. A., Gorman, W. D.** (1981). Quantitative estimates of beef carcass composition from specific gravity measurements and certain carcass traits of feedlot steers. – *Journal of animal science*. Vol. 53, No. 5, pp. 1246–1255.
- National pork producers council.** (1999). Pork quality standards. – *Global swin*. [WWW] <http://www.globalswine.com/assets/images/qualitystandards.jpg> (20.04.2017).

- Needham, T., Hoffmann L.C.** (2015). Physical meat quality and chemical composition of the *Longissimus thoracis* of entire and immunocastrated pigs fed varying dietary protein levels with and without ractopamine hydrochloride. – *Meat Science*. Vol. 110, pp. 101–108.
- Oeckel, M.J.V., Warnants, N., Boucque, Ch.V.** (1999). Pork tenderness estimation by taste panel, Warner-Bratzler shear force and on-line methods. – *Meat Science*. Vol. 53. pp. 259–267.
- Offer, G., Trinick, J.** (1983). On the mechanism of water holding in meat: The swelling and shrinking of myofibrils. – *Meat Science*. Vol. 8, No. 4, pp. 245–281.
- Okrouhla, M., Stupka, R., Citek, J., Šprysl, M., Trnka, M., Kluzakova, E., Štolc, L.** (2006). Amino acid composition of pig meat in relation to live weight and sex. – *Czech Journal of Animal Science*. Vol. 51, No. 12, pp. 529–534.
- Okrouhla, M., Stupka, R., Citek, J., Šprysl, M., Trnka, M., Kluzakova, E.** (2009). Effect of lean meat proportion on the chemical composition of pork. Vol. 26, No. 6:464–469.
- Olsson, V. & Pickova, J.** (2005). The influence of production systems on meat quality, with emphasis on pork. *Ambio* 34: 338–343.
- PM42:** Liha ressurs ja kasutamine: Sealiha tarbimine inimese kohta. (andmed uuendatud 26.09.2017). – *Eesti Statistika andmebaas*. [WWW] [http://pub.stat.ee/px-web.2001/dialog/varval.asp?ma=PM42&ti=LIHA+RESSURSS+JA+KASUTAMINE&path=../Database/Majandus/13Pellumajandus/06Pellumajandussaaduste\\_tootmine/04pellumajandussaaduste\\_ressurs\\_ja\\_kasutamine/&search=LIHA+RESSURSS+JA+KASUTAMINE&lang=2](http://pub.stat.ee/px-web.2001/dialog/varval.asp?ma=PM42&ti=LIHA+RESSURSS+JA+KASUTAMINE&path=../Database/Majandus/13Pellumajandus/06Pellumajandussaaduste_tootmine/04pellumajandussaaduste_ressurs_ja_kasutamine/&search=LIHA+RESSURSS+JA+KASUTAMINE&lang=2) (29.04.2017).
- Promeyrat, A., Daudin, J. D., & Gatellier, P.** (2013). Kinetics of protein physicochemical changes induced by heating in meat using mimetic models: (1) Relative effects of heat and oxidants. – *Food Chemistry*. Vol. 138, No. 1, pp. 581–589.
- Põldvere, A., Tänavots, A., Saar, R., Torga, T., Kaart, T., Soidla, R., Lepasalu, L.** (2015). Effect of imported Duroc boars on meat quality of finishing pigs in Estonia. – *Agronomy Research*. Vol. 13, No. 4, pp 1040–1052.
- Põldvere, A., Tänavots, A.** (2012). Sigade rümba ja liha kvaliteet. – Eesti Maaülikooli Veterinaarmeditsiini ja loomakasvatuse instituut [WWW] [http://www.eau.ee/~alo/liha/sea\\_liha/](http://www.eau.ee/~alo/liha/sea_liha/) (01.12.2016).
- Ruiz de Huidobro, F., Miguel, E., Bla'zquez, B., Onega, E.** (2005). A comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. – *Meat Science*. Vol. 69, pp. 527–536.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M.** (1995). Relationship Between Shear Force and Trained Sensory Panel Tenderness Ratings of 10 Major Muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* Cattle. – *Journal of Animal Science*. Vol. 73, pp. 3333–3340.

- Silva, D.R.G., Filho, R.A.T., Cazedey, H.P., Fontes, P.R., Ramos, A.L.S., Ramos, E.M.** (2015). Comparison of Warner-Bratzler shear force values between round and square cross-section cores from cooked beef and pork *Longissimus* muscle. – *Meat science* 103. pp. 1–6.
- Somelar, E., Tänavots, A., Saveli, O.** (2001). Meat quality research of pure- and crossbred pigs in Estonia. – *52th meeting of the European Association for animal production*. Budapest, Hungary, pp. 1–5.
- Suzuki, K., Kadowaki, H., Shibata, T., Uchida, H., Nishida, A.** (2005). Selection for daily gain, loin-eye area, backfat thickness and intramuscular fat based on desired gains over seven generations of Duroc pigs. *Livestock Production Science* 97. pp. 193–202.
- Srikanthai, T.** (2009). Analysis of functional candidate genes for meat quality and carcass traits in pigs. (Inaugural-Dissertation). Rheinischen Friedrich–Wilhelms–Universität. 150 pp.
- Swatland, H. J.** (2002). On-line monitoring of meat quality. University of Guelph. pp. 193–216.
- Zymantiene, J., Jukna, V., Jukna, C., Zelvyte, R., Oberauskas, V.** (2008). Comparison of meat quality characteristics between commercial pigs and snails – *Polish journal of food and nutrition sciences*. Vol. 58, No.1, pp. 23–26.
- Tomovic, V., Jokanovic, M., Sojic, B., Skaljic, S., Tasic, T., Ikonic, P.** (2015). Minerals in pork meat and edible offal. – *International 58th Meat Industry Conference “Meat Safety and Quality: Where it goes?”*. – *Procedia food science*. Vol. 5, pp. 293–295.
- Tornberg, E.** (2005). Effects of heat on meat proteins: Implications on structure and quality of meat products. – *Meat Science*. Vol. 70, No. 3, pp. 493–508.
- Tänavots, A., Põldvere, A., Soidla, R., Lepasalu, L., Žurbenko, S.** (2011). Sigade rümba- ja lihakvaliteeti mõjutavad tegurid. Kuldi tõu, sigade soo ja pH mõju liha kvaliteedinäitajatele. – *Agraarteadus: Journal of agricultural science*. pp. 53–61.
- Van Oeckel, M.J., Warnants, N., Boucque, Ch. V.** (1999). Pork tenderness estimation by taste panel, Warner–Bratzler shear force and on-line methods. – *Meat Science*. Vol. 53, pp. 259–267.
- Walters, L.** (1953). Specific gravity as a measure of pork carcass leanness. Oklahoma A. and M. college. – *Meat Science*. pp. 107–111.
- Warriss, P.D.** (2000). Meat Science: An Introductory Text (Modular Texts Series) 1nd Edition. CABI Publishing. – *Meat Science*. Vol. 56, No. 3, 319 pp.
- Wheeler, T. L., Shackelford, S. D., Johnson, L. P., Miller, M. F., Miller, R. K., Koohmaraie, M.** (1997). A Comparison of Warner-Bratzler Shear Force Assessment Within and Among Institutions. – *Journal of Animal Science*. Vol. 75, pp. 2423–2432.
- Whiteman, J. V.** (1952). A further investigation of specific gravity and other measures of pork carcass value. (Doktoritöö). Oklahoma Agricultural and Mechanical College. 74 pp.



- Wojtysiak, D., Poltowicz, K.** (2014). Carcass quality, physico-chemical parameters, muscle fibre traits and myosin heavy chain composition of *m. longissimus lumborum* from Puławska and Polish Large White pigs. – *Meat Science*. Vol. 97, pp. 395–403.
- Wood, J.D., Butler-Hogg, B.W.** (1982) Deposition of fat and its partition between the major fat depots in meat animals. – *Journal of the Science of Food and Agriculture*. Vol. 33, pp. 810–811.
- Wood, J.D., Nute, G.R., Richardson, R.I., Whittington, F.M., Southwood, O., Plastow, G., Mansbridge, R., da Costa, N., Chang, K.C.** (2004). Effects of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. – *Meat Science*. Vol. 67, pp. 651–667.
- Yi, Y.H., Chen, T.C.** (2002). Prediction of lean to fat tissue ratio of pork belly by specific gravity. – *Journal of food engineering*. Vol. 58, pp. 295–297.

## SUMMARY

The study was carried out to assess the quality of the meat in finishing pigs on the basis of chemical composition and technological parameters and to estimate the relationship between these characteristics. Randomly selected 10 pig's carcasses *Longissimus thoracis* muscle with the fat and rind layer area above was used.

Registered physico-chemical characteristics of the carcasses were moisture, ash, protein and fat content, density, colour, electroconductivity, pH value and shear force. Technological parameters, which were determined in the *Longissimus thoracis* muscle, were water-holding capacity, drip loss, cooking- and grilling loss and rib eye area.

Data analysis performed by using the computer spreadsheet program MS Excel 2013 to find mean value and standard deviations. With the same program, regression analysis was carried out to predict the percentage of fat in muscle tissue. To find out the relationships between variables, the Pearson correlation analysis was used.

The moisture content of muscles was in the range of 73.10–75.29% (mean  $74.26 \pm 0.66\%$ ), protein content 20.82–23.30% (mean  $22.66 \pm 0.88\%$ ), ash content of 1.18–1.32% (mean  $1.22 \pm 0.07\%$ ) and fat content 1.25–3.16% (mean  $2.01 \pm 0.83\%$ ), although the difference between the largest and the smallest value 11.90% indicating a relatively large variation. However, the standard deviation of repeated observations was small, ranging between 0.09 to 0.19%. Compared with the literature, the results of the ash content were lower and the standard deviation varied slightly. Intramuscular fat content varied in muscles, difference of the maximum and minimum value was 1.91%. The literature claims that the optimal level of intramuscular fat is 2.5–3.0% which is considered the best taste of meat. Intramuscular fat content corresponded to that in samples 7, 8 and 9, respectively 2.61, 2.84 and 3.61%. Such fat content refer to the high marbling in muscle tissue.

The density of the muscle tissue was measured according to the Archimedes method. Two different density determination analysis were carried out. The first pilot phase of the density assessment of the muscle tissue was implemented by weighing the sample in the

open air and then in the distilled water. In a second step, the regression analyse was carried out to predict the proportion of fat in the muscle tissue. For that, the density of 100 g fat tissue was measured and then the amount of fat was decreased in subsequent measurements by the 10 g, by replacing it with the same amount of lean meat until the sample contained 100% of the lean.

The average density of muscle tissue was found 1,061 kg/m<sup>3</sup> with a small standard deviation (0.011 kg/m<sup>3</sup>) in the first stage. The second step indicated that the percentage of fat in the muscle was possible to predict with the accuracy of 97% ( $p < 0.001$ ) by using the calculated model. The conducted study showed that the density measurement can be used to predict the content of the fat in lean tissue.

The test results showed that the pork was in good quality because the value of the color of the muscle tissue was 63–80. However, the color values was highly variable ( $s = 6.47$ ), the result between maximum and minimum color was 20.01.

Obtained electro-conductivity of the muscle was 7.56–13.00 mS/cm (average  $11.14 \pm 2.12$  mS/cm). The difference between the muscle was 5.44 mS/cm and the average standard deviation was 2.12 mS/cm.

The average pH of muscle tissue was 5.56, which indicates to a normal meat, even though the results varied in the range of 5.42–5.86.

The meat shear force mean value correspond with that described in the literature, although the difference between the muscles was large (42.80–102.50 N). This trait showed also a large value of standard deviation ( $s = 26.70$  N).

The average water-holding capacity of the muscle was  $63.48 \pm 3.78\%$ , where relatively high standard deviation showed a large variation. The smallest water-holding capacity was in the second muscle ( $59.77 \pm 7.71\%$ ) and the higher in the eighth ( $69.68 \pm 1.15\%$ ). The difference between the maximum and minimum values was 9.91%.

The average drip loss of muscles was  $4.58 \pm 2.30\%$ , where high standard deviation showed a large variation. The smallest drip loss was  $1.39 \pm 0.31\%$  (muscle 3) and the greater

$7.95 \pm 0.64\%$  (muscle 10). Drip loss associates with moisture content of meat, being the highest in tenth muscle (75.29%) and in the third muscle; it was lower than the average (73.78%).

Meat cooking and grilling loss values differed considerably between samples. The average results of the grilling loss varied in a large extent (33.08–48.50%). The difference between the maximum and the minimum value was 15.42%. As the tests carried out in the open grill, the results could be affected by the air movement, which cooled down the meat samples during treatment.

The results of the determination of cooking loss differed widely (29.06–51.31). However, there was also a large variation in the value of intra-muscular fat content in muscles ( $s = 0.28$ – $1.64$ ).

The average rib eye area of pig carcasses was  $48.3 \text{ cm}^2$ , difference between the maximum and minimum values was  $22.81 \text{ cm}^2$ . The standard deviation ( $s = 6.50 \text{ cm}^2$ ) showed a large variation from the average.

Strong negative correlation was found between the drip loss and pH of meat ( $r = -0.71$ ;  $p < 0.05$ ) and moderate-strong positive correlation between the meat colour and the pH value ( $r = 0.61$ ;  $p < 0.1$ ). The correlation between the water-holding capacity and pH was a moderate ( $r = 0.45$ ;  $p > 0.05$ ), which indicate that due to the increased pH, the water-holding capacity was higher and a lower drip loss appeared. In addition to the low value of pH, the value of cooking loss was greater ( $r = -0.44$ ;  $p > 0.05$ ) as well as drip loss ( $r = 0.60$ ;  $p < 0.1$ ). A strong positive relationship was between the shear force and the density of samples ( $r = 0.71$ ;  $p < 0.05$ ), which indicates that the firmer and denser meat is more difficult to cut.

Between the cooking loss and meat colour was moderate-strong negative, but a statistically significant correlation ( $r = -0.56$ ;  $p < 0.1$ ). Thus, it can be conclude that the more meat loose its weight, the lighter it become. Meat cooking loss was moderately and negatively correlated with electrical conductivity ( $r = -0.50$ ;  $P > 0.05$ ).

In summary, it can be concluded that the chemical composition of studied pigs lean tissue pH-value and color indicated to the high quality meat. In terms of pork acceptability it should be used existing opportunities to increase the intramuscular fat content. Meat density can be used to predict the proportion of fat in pork. Meat cooking and grilling loss results varied widely, so it is necessary to specify assessment methodology.

**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Kadi Margens, (sünnipäev 17/02/1993 49302173511)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud sea lihaskoe füüsikaliskemilised ja tehnoloogilised näitajad, mille juhendajad on *PhD* Aarne Põldvere; *MSc* Riina Soidla; pm-dr Alo Tänavots,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_  
*allkiri*

Tartu, 31.05.2017

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_  
*(juhendaja nimi ja allkiri)*

\_\_\_\_\_  
*(kuupäev)*

\_\_\_\_\_  
*(juhendaja nimi ja allkiri)*

\_\_\_\_\_  
*(kuupäev)*

\_\_\_\_\_  
*(juhendaja nimi ja allkiri)*

\_\_\_\_\_  
*(kuupäev)*